

Оптика

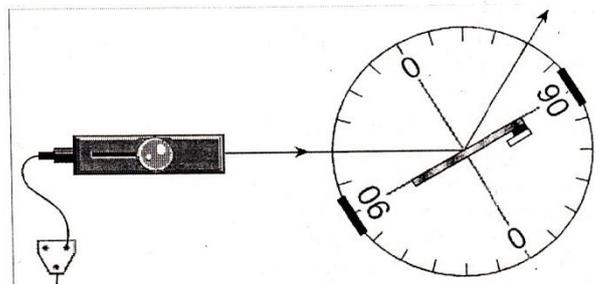
Геометрическая и волновая оптика

Опыт 1. Исследование закономерностей явления отражения света

На экран устанавливают осветитель, окно которого закрыто диафрагмой с одной щелью и лимб с плоским зеркалом в центре. Опыт проводят в два этапа.

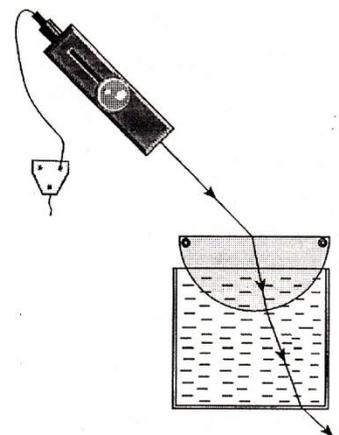
Этап 1. Луч света направляют в центр зеркала, как показано на рисунке. Обращают внимание на то, что падающий на зеркало луч, отраженный луч и перпендикуляр, проведенный на лимбе в точку падения расположены в одной плоскости - плоскости экрана. Поворачивая лимб вместе с зеркалом относительно падающего луча света, отмечают что эта взаимная ориентация сохраняется при любых углах падения. На основании увиденного выводят первую закономерность: луч отраженный, падающий и перпендикуляр, восстановленный в точку падения лежат в одной плоскости.

Этап 2. Опыт повторяют, но теперь обращают внимание на соотношение между величинами углов отражения и падения. Произведя несколько замеров этих углов при разных ориентациях зеркала по отношению к падающему на него лучу света выводят вторую закономерность, угол отражения равен углу падения.



Опыт 2. Иллюстрация понятия «оптическая плотность вещества»

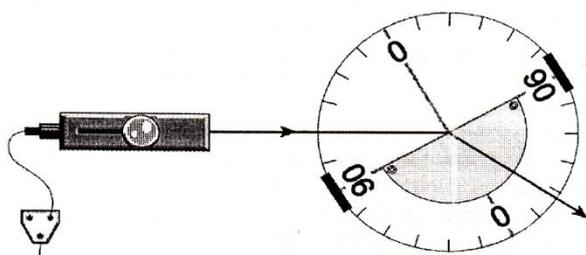
Полуцилиндр размещают на кювете, заполненной кипяченой водой комнатной температуры. Кювету вместе с полуцилиндром устанавливают на экране, как показано на рисунке. Луч света вышедший из осветителя, направляют под большим углом на плоскую грань прозрачного полуцилиндра. Наблюдают за изменением направления луча в прозрачном полуцилиндре и в воде. Убеждаются в том, что прозрачные тела, такие, например, как воздух, стекло и вода по разному влияют на распространение в них света. Иначе говоря они имеют различную оптическую плотность.



Опыт 3. Преломление света

В центральной части экрана размещают лимб с полуцилиндром в центре. В 15-20 см от него устанавливают осветитель, дающий одиночный световой луч. Опыт проводят в два этапа

Этап 1. Луч направляют в центр полуцилиндра перпендикулярно его плоской грани. Отмечают, что луч света в этом случае не изменяет своего направления. Повернув лимб с полуцилиндром на некоторый угол относительно осветителя, наблюдают явление преломления света.



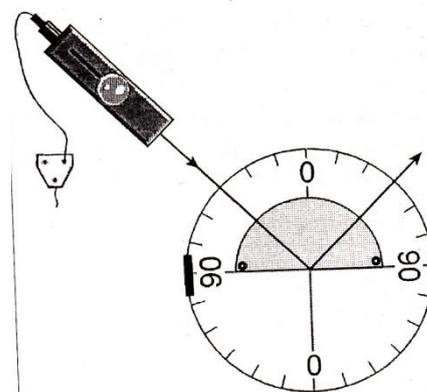
Изменяя в широких пределах угол падения света на поверхность полуцилиндра, замечают всякий раз, что преломленный луч, как и падающий распространяется вдоль поверхности экрана. На этой же поверхности находится и перпендикуляр лимба, проведенный в точку падения. На основании увиденного формулируют первую закономерность: луч преломленный, падающий и перпендикуляр, восстановленный в точку падения, лежат в одной плоскости.

Этап 2. Подчеркивают, что при переходе света из среды менее оптически плотной в более плотную угол преломления меньше угла падения.

Изменяя несколько раз углы падения и получая соответствующие им углы преломления, составляют таблицу. После заполнения таблицы и необходимых вычислений делают вывод о том, что отношение \sin для двух данных сред есть величина постоянная.

Опыт 3. Полное внутреннее отражение

Лимб с прозрачным полуцилиндром в центре и осветитель, окно которого закрыто диафрагмой с одной щелью размещают на экране так, чтобы луч света попадал на выпуклую поверхность полуцилиндра под углом падения в $10-20^\circ$ и проходил бы через середину лимба. Обращают внимание на соотношение величин углов падения и преломления. Медленно увеличивая угол падения луча наблюдают за изменением положения преломленного луча относительно плоской грани полуцилиндра. При угле падения около 40° видят как исчезает преломленный луч, а внутри полуцилиндра образуется луч отраженный от его плоской грани. Поясняют, что явление отражения света от границы раздела двух сред при движении из среды оптически более плотной в среду с меньшей оптической плотностью называют полным внутренним отражением.

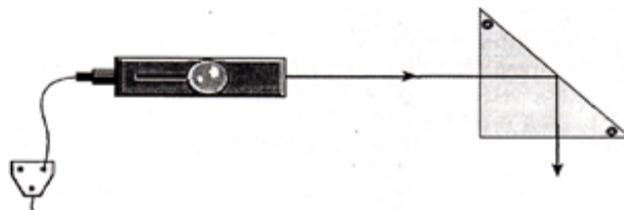


Опыт 4. Принцип призмы

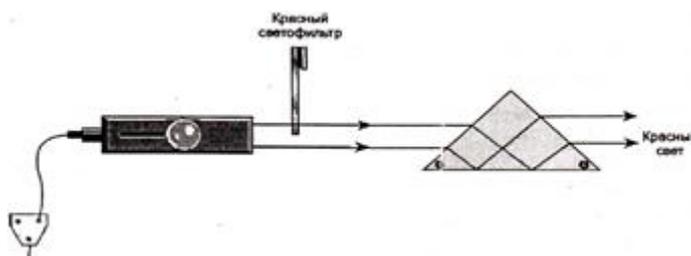
1. На экране размещают осветитель, от которого с помощью диафрагмы с одной щелью получают узкий луч света, и треугольную призму. Свет должен падать перпендикулярно на одну из боковых граней призмы. В этом случае он без преломления входит внутрь призмы, попадает на ее основание, отражается от него в силу явления полного внутреннего

отражения, падает перпендикулярно на другую боковую грань и, не испытав преломления, выходит из призмы наружу.

Направления распространения луча до попадания в призму и после выхода из нее взаимно перпендикулярны. Призма в данном случае используется для того, чтобы повернуть световой луч на 90°.

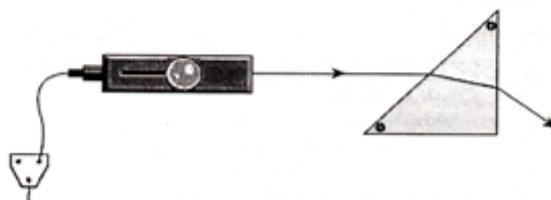


2. На экране устанавливают осветитель, окно которого закрыто диафрагмой с двумя щелями. На пути одного из лучей, например, верхнего, устанавливают красный светофильтр. Оба луча



попадают на боковую поверхность треугольной призмы, установленной на экране так, чтобы ее основание было бы параллельно направлению хода световых лучей. При входе в призму лучи преломляются, попадают на ее основание, испытывают полное внутреннее отражение, падают на другую боковую грань и, еще раз преломившись, выходят из призмы. Отмечают, что при прохождении через призму происходит обращение лучей: если до призмы красный луч был сверху белого, то после призмы он оказался снизу.

3. Луч света, вышедший из окна осветителя, на котором закреплена диафрагма с одной щелью, направляют на середину боковой поверхности треугольной призмы. Наблюдая луч, вышедший из призмы, отмечают, что он меняет направление распространения, отклоняясь к основанию призмы.

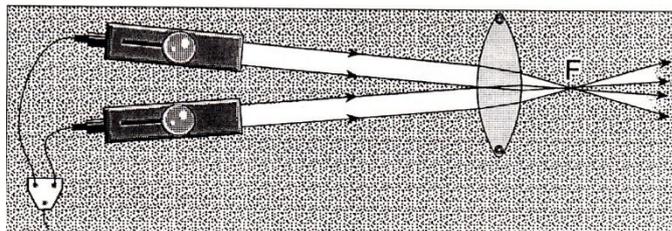


Изменяя угол падения света на поверхность призмы, убеждаются, что этот вывод имеет общий характер.

Перевернув приемное основание вверх, наблюдают, что и в этом случае направление вышедшего из нее луча поворачивается по отношению к направлению падающего луча в сторону основания призмы.

Опыт 5. Введение понятия линзы

1. На экран устанавливают два осветителя. Положение ламп в осветителях регулируют так, чтобы из их окон выходили нерасходящиеся пучки света. Первая часть опыта проводится с собирающей линзой. Осветители располагают рядом друг с другом так, чтобы их световые пучки были бы параллельны.



На удалении 20-25 см от осветителей на пути световых пучков размещают собирающую линзу. Отмечают каким стал ход лучей после линзы.

Опыт повторяют дважды, направляя на линзу сходящиеся и расходящиеся под небольшим углом световые пучки. Обращают внимание на то, что во всех случаях действие линзы проявилось в том, что она увеличивала сходимость пучков света.

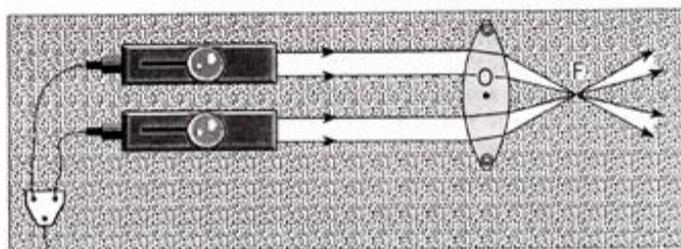
Во второй части опыта на пути света размещают рассеивающую линзу. Проследив ход через эту линзу параллельных, сходящихся и расходящихся световых пучков, замечают, что действие этой линзы проявляется в увеличении расхождения пучков света.

По результатам всех наблюдений дают определение линзы как устройства, которое при прохождении через него света, изменяет сходимость светового пучка. Линзы, которые увеличивают сходимость, называют собирающими, а те, которые ее уменьшают, — рассеивающими.

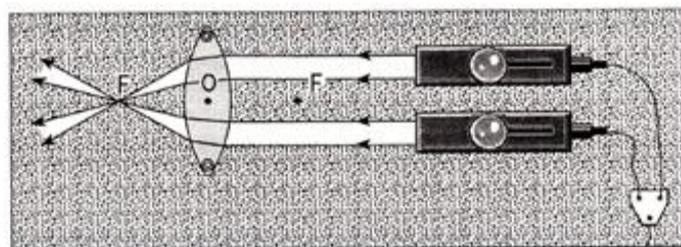
После демонстрации этого опыта полезно повторить опыты 17 и 18, обратив учеников на то, что ни плоскопараллельная пластина, ни треугольная призма не изменяют апертуры светового пучка.

2. Введение понятий фокуса и фокусного расстояния линзы

На экран устанавливают два осветителя, дающих нерасходящиеся световые пучки и собирающую линзу. Оба пучка направляют на линзу так, чтобы они шли параллельно друг другу вдоль ее главной оптической оси.



Замечают, что после преломления в линзе пучки сходятся в одной точке, также лежащей на главной оси линзы. На экране там, где сошлись лучи делают заметку. Дают определение фокуса



линзы как точки, где сходятся после преломления в линзе параллельные световые пучки.

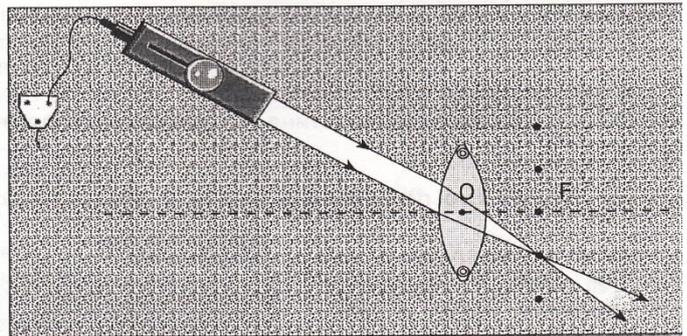
Далее опыт повторяют разместив осветители с противоположной стороны линзы. На экране отмечают положение точки, где на этот раз сойдутся световые пучки. Делают вывод о том, что всякая линза имеет два фокуса.

Дают определение фокусного расстояния как расстояния от оптического центра линзы до ее фокуса. Измерив расстояние от центра линзы до меток, сделанных на экране, устанавливают что оба отрезка имеют одинаковую длину.

По результатам опыта делают вывод о том, что всякая линза имеет на оптической оси два фокуса, удаленных на одинаковое расстояние от ее оптического центра.

3. Введение понятия фокальной плоскости линзы

В центр экрана устанавливают собирающую линзу. На ее главной оптической оси размещают осветитель, дающий параллельный пучок света. Положение главной оси на экране отмечают чертой. В том месте экрана, где пучок будет сведен линзой в точку, ставят метку. Затем дают определение главного фокуса и побочного фокуса линзы. Осветитель перемещают относительно линзы так, чтобы ось пучка прошла бы через центр линзы под некоторым углом к главной



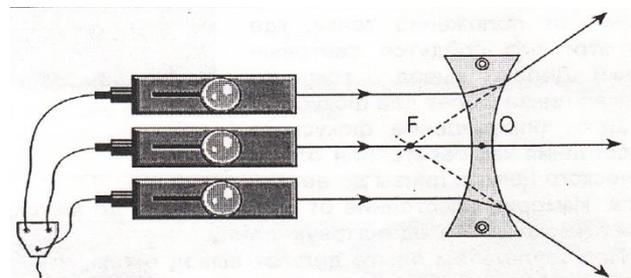
оптической оси. В точке побочного фокуса на экран наносят еще одну метку. Опыт повторяют несколько раз меняя угол падения луча на линзу и следя за тем, чтобы всякий раз пучок света попадал бы в центр линзы. Получив на экране серию меток, обращают внимание учеников, что все они лежат на одной прямой перпендикулярной главной оси линзы. Поясняют, что эта прямая является проекцией фокальной плоскости на поверхность экрана. Завершают опыт определением фокальной плоскости линзы как геометрического места точек ее побочных фокусов.

Рис20

оптической оси. В точке побочного фокуса на экран наносят еще одну метку. Опыт повторяют несколько раз меняя угол падения луча на линзу и следя за тем, чтобы всякий раз пучок света попадал бы в центр линзы. Получив на экране серию меток, обращают внимание учеников, что все они лежат на одной прямой перпендикулярной главной оси линзы. Поясняют, что эта прямая является проекцией фокальной плоскости на поверхность экрана. Завершают опыт определением фокальной плоскости линзы как геометрического места точек ее побочных фокусов.

4. Иллюстрация понятия мнимого фокуса линзы

На экране устанавливают рассеивающую линзу и три осветителя. Окна осветителей закрыты диафрагмами с одной щелью. Луч первого осветителя направляют на центр линзы по ее главной оптической оси. Два другие осветителя размещают на

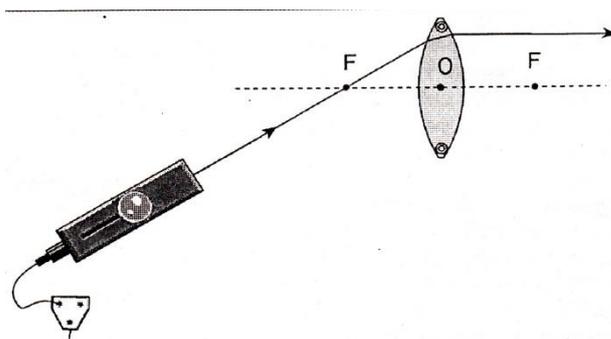


одинаковом расстоянии сверху и снизу от первого и направляют их лучи параллельно этой оси. Наблюдают, что пройдя сквозь линзу лучи верхнего и нижнего осветителя начинают расходиться. Если эти лучи продолжить в сторону, противоположную направлению их распространения, то продолжения пересекутся в точке, лежащей на оптической оси.

Нанеся в этой точке на экран метку, дают определение мнимого фокуса линзы. Подчеркивают, что мнимым он называется потому, что в нем пересекаются не лучи, прошедшие сквозь линзу, а их продолжения. Рис.21 Затем осветители располагают с противоположной стороны линзы и повторяют опыт с целью доказательства существования второго мнимого фокуса. Отметив меткой его положение на экране, измеряют расстояния от мнимых фокусов линзы до ее центра. Убеждаются в том, что фокусы рассеивающей линзы удалены от ее центра на одинаковые расстояния.

5. Ход основных лучей, используемых при построении изображений в линзах

По экрану проводят горизонтальную линию. На середину линии ставят собирающую линзу так, чтобы ее главная оптическая ось совпала бы с направлением линии. С помощью осветителей определяют положения главных фокусов линзы и делают на ее оси соответствующие отметки.



Затем на экране оставляют один осветитель и закрывают его окно диафрагмой с одной щелью. Осветитель размещают так, чтобы его луч прошел через передний фокус линзы и попал на ее поверхность.

Отмечают, что пройдя сквозь линзу, он распространяется параллельно ее главной оси. Потом луч осветителя направляют на оптический центр линзы, наблюдают, что в этом случае он не меняет своего направления. В третий раз луч направляют параллельно оси линзы и убеждаются, что после линзы он проходит через ее второй фокус.

Провести опыты с использованием интерактивных моделей

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_spolja&l=ru

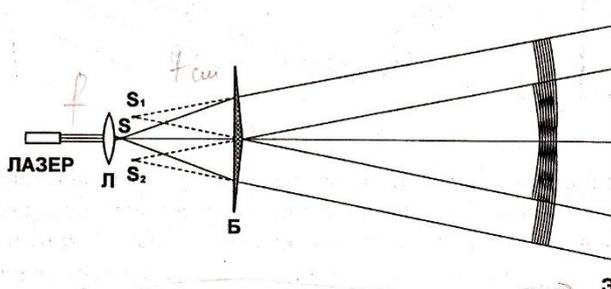
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_rozptylka&l=ru

Опыт 6. Интерференция света в схеме с бипризмой Френеля

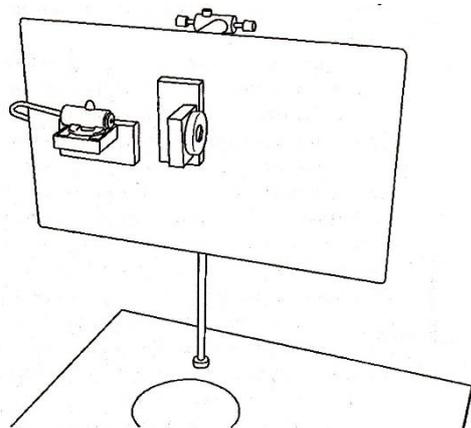
Оборудование:

- полупроводниковый лазер
- линза $f = 5$ см, $D = 1.5$ см
- бипризма Френеля
- подставки угловые - 3 шт.
- оптический столик для проектора
- рабочее поле с креплениями
- стойка штатива
- зажимы - 2 шт.
- экран демонстрационный

Для проведения эксперимента установите на демонстрационный стол оптический столик для графического проектора и закрепите в нем стойку штатива. На стойке штатива на максимальной высоте над поверхностью стола укрепите рабочее поле, которое имеет для этого специальные крепления. На расстоянии примерно 2 м от него расположите экран. С помощью угловых подставок поместите на рабочем поле полупроводниковый лазер и линзу с фокусным расстоянием 5 см и диаметром 1.5 см.



Включите в сеть блок питания лазера и приступите к юстировке оптической схемы. Направьте луч лазера в центр экрана, после чего установите на пути луча линзу и расширьте освещенное пятно на экране до диаметра 10 -12 см. Луч должен проходить примерно через центр линзы. Перемещая линзу вдоль луча лазера, добейтесь максимально однородного освещения пятна (мелкая структура лазерного луча должна, по возможности, отсутствовать). Оптимальное расположение линзы таково, что положение лазера примерно совпадает с фокусом линзы. Если в пятне присутствуют кольцевые структуры, вызванные дифракцией на пылинках, протрите линзу мягкой тряпочкой или слегка сдвиньте ее, так чтобы луч лазера проходил через другую точку.

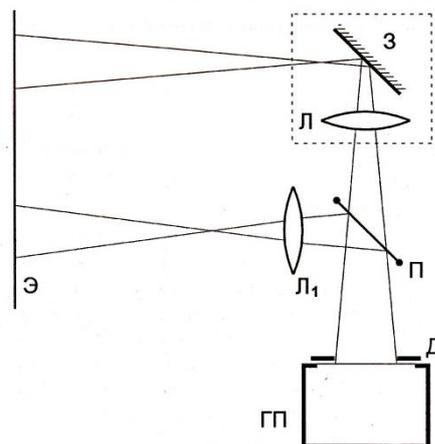


Установите бипризму Френеля на угловую подставку и разместите ее в луче лазера на расстоянии 7см от линзы. Окончательная юстировка оптической схемы сводится к строго симметричному расположению бипризмы в луче (при этом на экране возникнут интерференционные полосы) и максимальному приближению ее к фокусу линзы. Сближать линзу и бипризму Френеля следует до тех пор, пока интерференционные полосы, становясь все более широкими, не исчезнут совсем. При этом после каждого перемещения бипризмы необходимо проверять симметричность расположения бипризмы Френеля в луче лазера. После исчезновения интерференционной картины следует немного отодвинуть бипризму от линзы и получить четкие и достаточно широкие полосы. Полное исчезновение интерференционных полос при приближении бипризмы Френеля к фокусу линзы связано с тем, что излучение лазера перестает попадать на плоские грани бипризмы (ребро, разделяющее грани бипризмы, имеет небольшую, но конечную ширину, и именно на него фокусируется луч лазера в этом случае).

Опыт 7. Наблюдение колец Ньютона в естественном свете

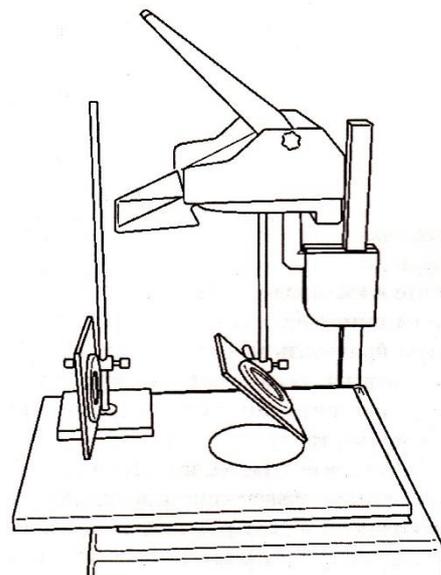
Оборудование:

- сборка “Кольца Ньютона”
- линза $F = 12$ см, $D = 5$ см
- оправа для линзы и поляроида;
- графический проектор
- оптический столик для проектора
- стойка штатива - 2 шт.
- основание штатива
- зажимы - 2 шт.
- экран демонстрационный



Для того чтобы продемонстрировать кольца Ньютона в отраженном и проходящем естественном свете, соберите экспериментальную установку согласно схеме. Внешний вид установки приведен на рисунке.

Формирование пучка света, идущего от графического проектора, происходит следующим образом. На кадровое окно графического проектора устанавливается оптический столик, при этом центр круглого отверстия оптического столика должен совпадать с центром кадрового окна графического проектора. Выступающая за габариты графического проектора часть столика должна быть направлена в сторону экрана. В оптическом столике имеется втулка с резьбой, в которую следует вкрутить стойку штатива. На этой стойке на небольшой высоте над кадровым окном графического проектора устанавливается сборка «Кольца Ньютона». Сборка «Кольца Ньютона» устанавливается под углом 45° или немного большим к направлению распространения света графического проектора, так чтобы отраженный от сборки свет попадал на нижнюю часть демонстрационного экрана. Демонстрационный экран следует расположить в вертикальной плоскости на расстоянии 2 – 3 м от графического проектора. Свет, прошедший через сборку «Кольца Ньютона» с помощью оптической системы графического проектора, также направляется на экран (на его верхнюю часть).



Для получения четкой картины колец Ньютона в проходящем свете необходимо подобрать высоту объектива графического проектора. Положение изображения на экране регулируется наклоном зеркала графического проектора. Для получения на экране изображения колец Ньютона в отраженном свете в пучок света отраженный от сборки «Кольца Ньютона», вставляется линза с фокусным расстоянием $F = 12$ см диаметром 5 см. Эта линза устанавливается на оправу для линзы и поляроида, которая зажимается в штатив. Основание данного штатива ставится на оптический столик, лежащий на кадровом окне графического проектора. Для достижения высокой четкости изображения Вам необходимо правильно подобрать расстояние между линзой и сборкой «Кольца Ньютона».

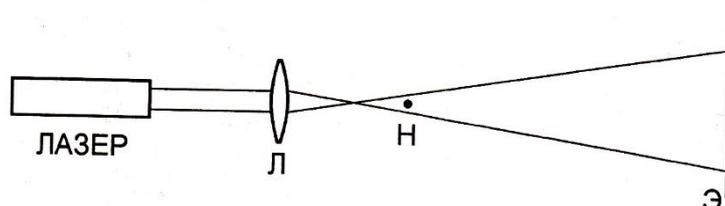
Опыт 8. Дифракция на нити

Оборудование:

- полупроводниковый лазер
- оправка с нитью
- линза $F = 5$ см, $D = 1.5$ см
- подставки угловые - 3 шт.
- оптический столик для проектора

Для того чтобы продемонстрировать дифракцию расходящегося пучка света на нити соберите экспериментальную установку согласно оптической схеме, вид установки представлен на рисунке.

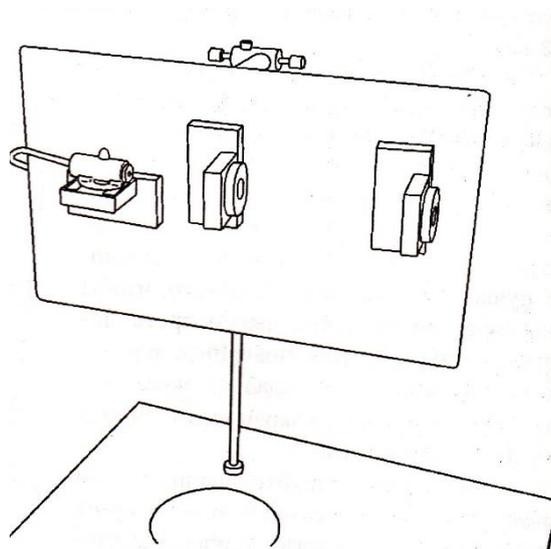
Поставьте на демонстрационный стол оптический столик для проектора, на нем установите стойку штатива и закрепите в стойке рабочее поле, которое



имеет специальные крепления. На расстоянии 2-3 м от собранного стенда расположите экран. С помощью угловых подставок поместите на вертикальном рабочем поле полупроводниковый лазер, линзу с фокусным расстоянием 5 см и оправку с нитью. В качестве нити используется проволочка диаметром 0.2 мм.

Включите в сеть блок питания лазера и приступите к фокусировке оптической схемы.

Свет в классе полностью выключать не следует, однако его необходимо по возможности приглушить. Направьте луч лазера в центр экрана, после чего установите на пути луча собирающую линзу. Луч лазера фокусируется линзой, и после фокуса образуется расходящийся пучок света. На экране при этом возникает освещенное пятно диаметром 10 на 15 см (в зависимости от расстояния до экрана). Перемещая линзу вдоль луча лазера, добейтесь максимально однородного освещения пятна. Оптимальное расположение линзы таково, что положение лазера примерно совпадает с фокусом линзы. После этого установите оправку с нитью на расстоянии 7 - 9 см от линзы и вставьте нить в луч лазера.



На светлом пятне, имевшемся на экране до установки нити, сразу возникнет ее тень, края которой будут сильно размыты. Придерживая рукой металлический лист, подвигайте нить в указанных пределах (7 - 9 см от линзы), и получите на экране максимально контрастные дифракционные максимумы в освещенной области экрана. Поверните оправку с нитью на некоторый угол вокруг оптической оси установки. Ось симметрии дифракционной картины при этом также повернется. Такой несложный опыт поможет учащимся четко связать наблюдаемую дифракционную картину с нитью, вставленной в световой луч. Обратите внимание учащихся, что нечеткие границы тени нити - это тоже проявление дифракции света. Дифракционная картина существует и в области геометрической тени нити.

Опыт 9. Разложение естественного света в спектр с помощью дифракционной решетки

Цель эксперимента: продемонстрировать разложение естественного света в спектр с помощью дифракционных решеток с различным числом штрихов.

Оборудование:

- дифракционная решетка 50 штр./мм
- дифракционная решетка 150 штр./мм
- оправка для малых оптических элементов
- оправка для линзы и поляроида
- графический проектор
- оптический столик для проектора
- экран малый со щелью
- щелевая диафрагма
- стойка штатива
- зажимы – 2 шт.
- линейка
- экран демонстрационный

Для того чтобы продемонстрировать разложение естественного света в спектр с помощью дифракционной решетки и на качественном уровне показать зависимость вида спектра от плотности штрихов решетки (числа штрихов на 1 мм), соберите экспериментальную установку согласно схеме представленной на рис. 1. Внешний вид установки приведен на рис. 2.

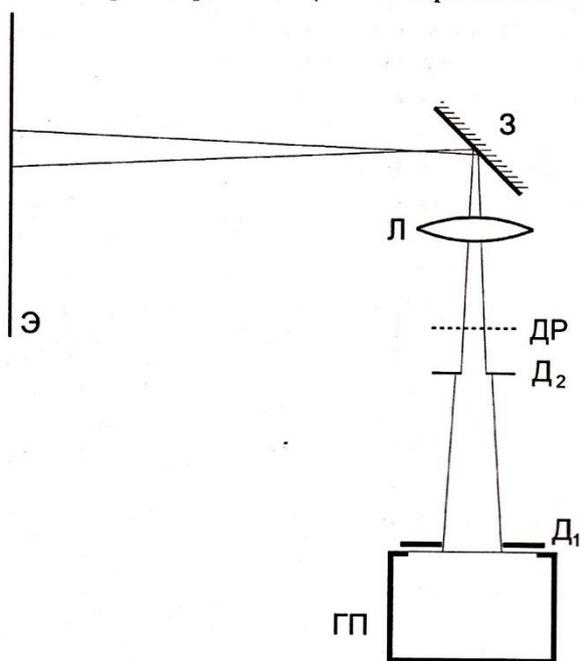


Рис 1

оптическом столике перекрывается щелевой диафрагмой, направление прорези которой должно быть параллельно плоскости демонстрационного экрана. В данном опыте необходима щель шириной 2 - 3 мм, поэтому часть щелевой диафрагмы дополнительно перекрывается линейкой.

В оптическом столике имеется втулка с резьбой, в которую следует вкрутить стойку штатива. На этой стойке в горизонтальной плоскости на максимальной высоте закрепляется оправка для малых оптических элементов, причем отверстие оправки должно располагать-

ся для проекции спектра на экран в опыте используется оптическая система графического проектора. Линза и поворотное зеркало графического проектора устанавливаются на высоте 35 - 40 см над кадровым окном. Формирование пучка света происходит следующим образом. На кадровое окно графического проектора устанавливается оптический столик, при этом центр круглого отверстия оптического столика должен совпадать с центром кадрового окна графического проектора. Отверстие в

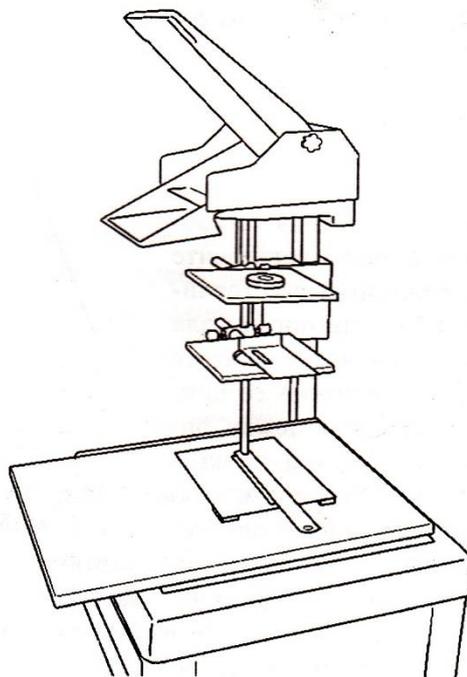


Рис 2

ся под центром линзы графического проектора. Оправка для линзы и поляроида устанавливается на $1 - 2$ см ниже оправки для малых оптических элементов. На рис. 2 расстояние между оправками увеличено для того, чтобы показать расположение дифракционной решетки и малого экрана.

На верхнюю оправку (оправка для малых оптических элементов) ставится дифракционная решетка, а нижняя служит для размещения дополнительной щелевой диафрагмы. Установите на оправку для малых оптических элементов дифракционную решетку 50 штр./мм (период решетки 0.02 мм) и включите графический проектор. Поместите дифракционную решетку в центр освещенного пятна. Поворачивая решетку, совместите направление штрихов решетки с направлением щелевой диафрагмы и получите на экране горизонтально расположенные порядки спектра. На оправку для поляроида, которая закреплена в 2 см ниже дифракционной решетки, положите малый экран таким образом, чтобы прорезь экрана была параллельна нижней щелевой диафрагме, а свет, прошедший через эту прорезь, освещал центральную область дифракционной решетки. Для получения максимальной контрастности спектра Вы можете в небольших пределах изменить положение объектива графического проектора.

Обратите внимание учащихся на то, что слабоокрашенная полоса в центре дифракционной картины - нулевой порядок дифракции. В нулевом порядке разложения в спектр не происходит. Вверх и вниз от нулевого порядка четко видны спектры первого порядка. Ширина спектра возрастает с ростом его порядкового номера. Это приводит к тому, что спектры второго, третьего и последующих порядков частично накладываются друг на друга, поэтому в них наблюдается искажение цветов.

Вместо дифракционной решетки 50 штр./мм установите решетку 150 штр./мм (период решетки 0.0067 мм) и проведите необходимую юстировку оптической схемы, описанную выше. Для повышения яркости спектра на экране необходимо примерно вдвое увеличить ширину щели на кадровом окне графического проектора. Комментируя картину на экране, помогите учащимся сопоставить вид спектров в первом и втором случаях и сделать вывод о том, что дифракционный угол для синего цвета всегда меньше чем для красного, и что разрешающая способность дифракционной решетки увеличивается с ростом числа штрихов на 1 мм и номера порядка дифракции.

Опыт 10. Наблюдение дисперсии света

Цель эксперимента: продемонстрировать явление дисперсии на примере разложения естественного света в спектр при прохождении его через призму.

Оборудование:

призма из стекла "Флинт"
 зеркало плоское
 подставка угловая
 экран малый со щелью
 графический проектор
 оптический столик для проектора

щелевая диафрагма
 зажимы – 2 шт.
 стойка штатива
 рабочее поле с креплениями
 экран демонстрационный

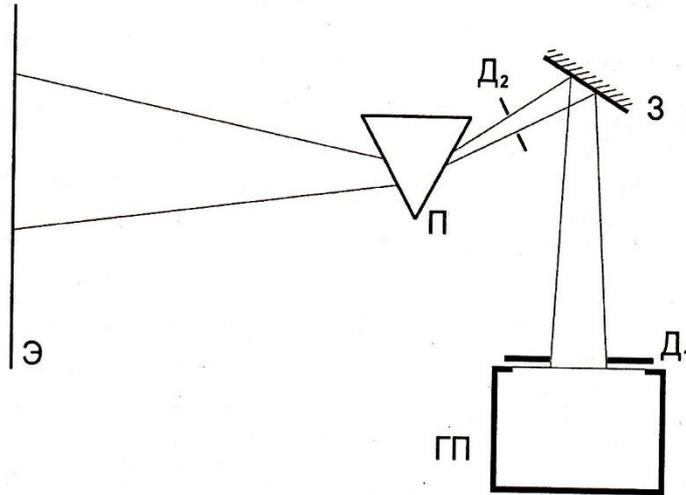


Рис 1

ском столике имеется втулка с резьбой, в которую следует вкрутить стойку штатива. На эту стойку на наибольшей высоте в вертикальной плоскости закрепляется рабочее поле. Рабочее поле имеет небольшие стержни для зажима его в штативе. Отверстие в оптическом столике перекрывается

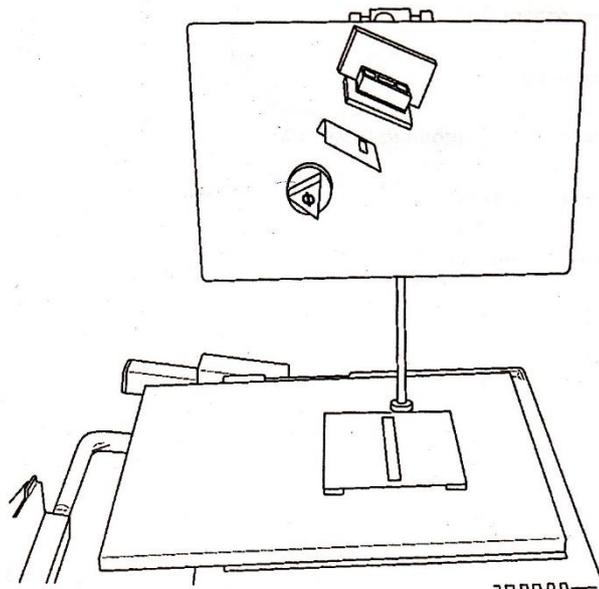


Рис 2

Для демонстрации разложения естественного света в спектр при прохождении его через призму соберите установку в соответствии с оптической схемой, представленной на рис. 1. Внешний вид установки приведен на рис. 2.

Формирование пучка света, идущего от графического проектора, происходит следующим образом. На кадровое окно графического проектора устанавливается оптический столик, при этом центр круглого отверстия оптического столика должен совпадать с центром кадрового окна графического проектора. В оптическом столике имеется втулка с резьбой, в которую следует вкрутить стойку штатива. На эту стойку на наибольшей высоте в вертикальной плоскости закрепляется рабочее поле. Рабочее поле имеет небольшие стержни для зажима его в штативе. Отверстие в оптическом столике перекрывается щелевой диафрагмой, направление прорези которой должно быть перпендикулярно вертикальному рабочему полю. На вертикальном рабочем поле устанавливаются плоское зеркало, призма и малый экран со щелью. Плоское зеркало используется в данной оптической схеме в качестве поворотного зеркала. Оно позволяет направить луч либо непосредственно на экран, либо на призму. При этом свет падает на призму под таким углом, что после призмы он распространяется горизонтально.

Расположите зеркало около верхней кромки рабочего поля (т.е. на высоте около 30 см над кадровым окном) и направьте луч света на призму, расположенную ближе к нижнему

краю рабочего поля. В непосредственной близости от призмы установите малый экран со щелью. Ширина щели малого экрана (примерно 5 мм) такова, что обеспечивается засветка почти всей грани призмы. На расстоянии 2 - 3 м от графического проектора вертикально устанавливается демонстрационный экран, на котором и наблюдается спектр.

Юстировка оптической схемы проводится следующим образом. Расположите первую щелевую диафрагму в центре кадрового окна графического проектора (длинная сторона щели параллельна ребру призмы). Зеркало на угловой подставке поставьте над щелевой диафрагмой так, чтобы на него попадал весь свет, идущий от графического проектора. Для контроля размера и места светового луча в любой точке оптической схемы удобно использовать небольшой лист белой бумаги. Угол падения света на зеркало выбирается таким, чтобы после отражения луч поворачивался на небольшой угол в сторону экрана, и призму можно было установить за пределами луча, выходящего из кадрового окна графического проектора.

Закрепите призму в нижней части рабочего поля, поворачивая ее вокруг оси, параллельной ее граням, получите на экране изображение спектра. Если в спектре видны искажения (спектр имеет форму параллелограмма, а не прямоугольника), Вам следует найти правильную ориентацию призмы относительно нижней щелевой диафрагмы. Для этого Вы можете немного повернуть рабочее поле, на котором установлены зеркало и призма, вокруг стойки штатива. После этого установите на рабочее поле малый экран со щелью. Правильное взаимное расположение призмы и в щели малого экрана обеспечивает практически полную засветку грани призмы, на которую падает излучение. Проконтролировать это можно по освещенному пятну на подставке призмы или на ее верхнем основании.

Комментируя полученный на экране спектр, Вам следует обратить внимание учащихся на то, что скорость распространения света в веществе призмы зависит от частоты, что и приводит к разным углам отклонения для света разных цветов.

Провести опыт с использованием интерактивной модели:

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_hra_nol&l=ru

Опыт 11. Сложение спектральных цветов

Цель эксперимента: продемонстрировать сложение спектральных цветов при сведении различных участков спектра в одну область экрана.

Оборудование:

- призма из стекла "Флинт"
- зеркало плоское
- линза $F = 12 \text{ см}$, $D = 5 \text{ см}$
- оправа для линзы и полярироидов
- подставка угловая
- экран малый со щелью
- графический проектор
- оптический столик для проектора
- щелевая диафрагма
- рабочее поле с креплениями
- стойка штатива - 2 шт.
- зажимы - 3 шт.
- подставка штатива
- экран демонстрационный

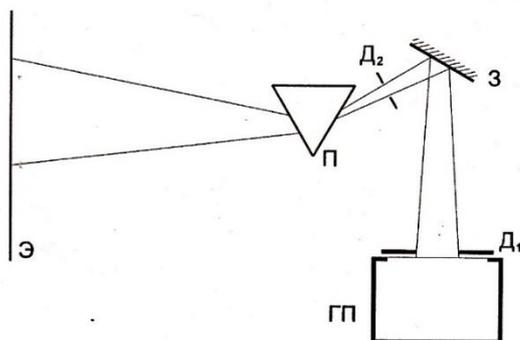


Рис 1

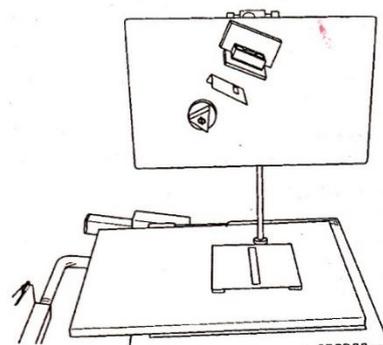


Рис 2

Для того чтобы продемонстрировать, что при сведении различных составляющих спектра на одну область экрана цвета исчезают, соберите установку аналогичную той, что использовалась для демонстрации дисперсии света. Ее оптическая схема и общий вид представлены на рис. 1 и

рис. 2 соответственно. Воспользуйтесь инструкциями, приведенными в описании эксперимента по дисперсии света, и получите спектр на экране. Дополнительным условием установки оптического столика, закрывающего кадровое окно графического проектора, является то, что его выступающая за габариты графического проектора часть должна быть направлена в сторону экрана.

Геометрическое сведение лучей с различной длиной волны на одну область экрана в данном опыте осуществляется с помощью линзы. Установите на оптический столик, закрывающий кадровое окно графического проектора, штатив и закрепите в нем оправу для линзы и поляризатора.

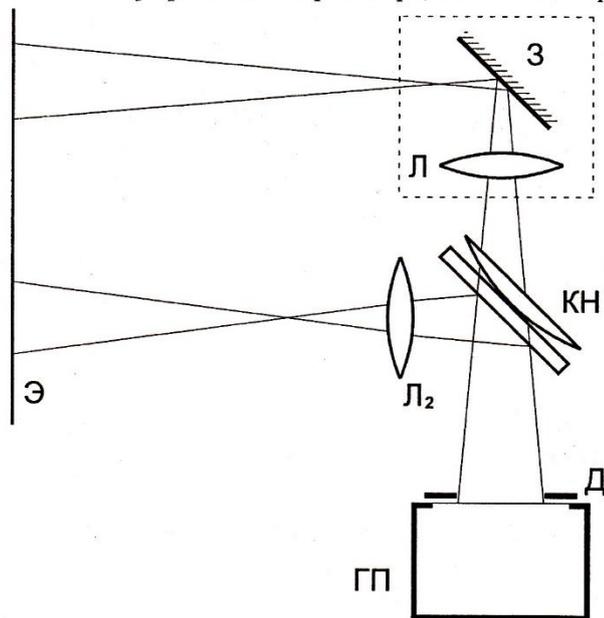


Рис 3

постепенно. Возьмите лист белой бумаги, наклоните его под углом 45° к направлению распространения луча (так чтобы учащиеся могли хорошо видеть пятно на этом листе) и перемещайте его от линзы к экрану. Учащиеся при этом смогут наблюдать, что непосредственно за линзой свет разложен в спектр, но по мере приближения к экрану на листе бумаги появляется белая полоса в центре. В дальнейшем эта полоса расширяется, и спектр полностью исчезает.

В эту оправу поставьте линзу с фокусным расстоянием $F = 12$ см и диаметром $D = 5$ см. (Оптическая схема эксперимента приведена на рис. 3, а внешний вид установки - на рис. 4). При этом весь вышедший из призмы свет должен пройти через линзу. Приближая и удаляя линзу от призмы, добейтесь минимальной окраски пятна на экране. Оптимальное положение линзы соответствует тому, что расстояние между призмой и линзой примерно равно фокусному расстоянию линзы. Отсутствие явно выраженной окраски пятна на экране означает, что при сведении вместе различных составляющих спектра наш глаз снова начинает воспринимать их как белый свет.

Для большей наглядности опыта Вы можете продемонстрировать, что область, где совмещаются лучи с разной длиной волны, формируется

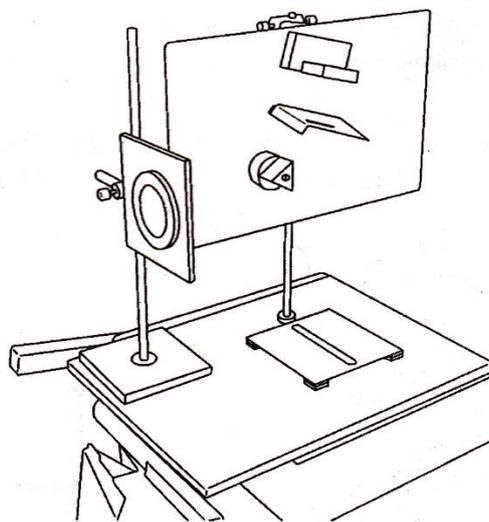


Рис 4

Сложение спектральных цветов (способ 2)

Установку собирают по рисунку 2. Применяя призму «флинт», получают четкий сплошной спектр. Затем за призмой ставят прибор для сложения цветов спектра (рис. 1).

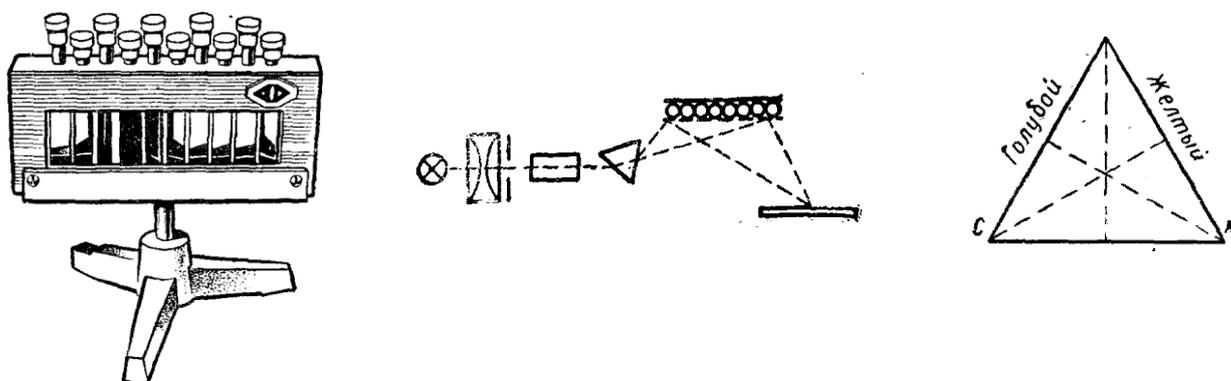


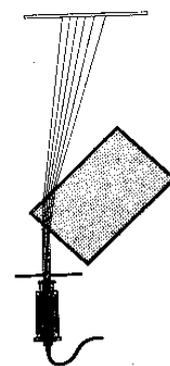
Рис. 1

Этот прибор состоит из десяти узких плоских зеркальных пластин, расположенных вплотную друг к другу и способных поворачиваться вокруг вертикальной оси на любой угол. В нижней части прибора имеется небольшой белый экран, который позволяет следить за размещением спектра на зеркалах. Прибор для сложения цветов спектра устанавливают на таком расстоянии от призмы, чтобы весь спектр попадал на зеркала прибора. Вследствие отражения от зеркал на экране наблюдают отдельные цветные полосы. Не меняя положения установки, поворачивают зеркала так, чтобы все цветные пучки собрались в одну узкую полоску. На экране наблюдают белую полоску, полученную в результате сложения цветов спектра.

Демонстрируют образование пар дополнительных цветов. Основные цвета — синий, зеленый и красный, а дополнительные — это те, которые оказываются задержанными при разложении белого света. Например, желтый цвет—это сложный цвет, состоящий из красного и зеленого (рис. 289). При прохождении света был задержан синий — он и будет дополнительным для желтого цвета. Аналогично получают голубой (смесь зеленого и синего), пурпурный (смесь синего и красного).

Опыт 12. Получение спектра с помощью сосуда с водой.

1. Заполните прямоугольный сосуд с прозрачными стенками, например, аквариум, прокипяченной (отстоянной) водой комнатной температуры.
2. Закройте объектив осветителя щелевой диафрагмой, направьте световой пучок на экран и поместите на его пути аквариум с водой. Схема лучей в опыте при взгляде на установку сверху показана на рисунке.
3. Экспериментально определите место и угол падения света на боковую грань аквариума, при этом на экране получается хорошо видимый спектр.



4. Выполните действия, указанные в опыте 1.
5. Сопоставьте результаты, полученные при выполнении заданий 1-4, и сделайте вывод, какой из рассмотренных способов получения спектра дает наилучшие результаты.

Опыт 13. Поляризация света

Формирование пучка света, идущего от графического проектора, происходит следующим образом. На кадровое окно графического проектора устанавливается оптический столик, при этом центр круглого отверстия оптического столика должен совпадать с центром кадрового окна графического проектора. В оптическом столике имеется втулка с резьбой, в которую следует вкрутить стойку штатива. На этой стойке в горизонтальной плоскости на разных уровнях закрепляются две оправки для поляроидов.

Для проекции светового пятна на экран, установленный вертикально на расстоянии 2 - 3 м от графического проектора, используется оптическая система графического проектора (объектив и зеркало, смонтированные на штанге). Проведение эксперимента сводится к вращению одного из поляроидов и демонстрации изменения освещенности экрана. Для повышения наглядности эксперимента можно положить на поляроиды (по диаметру) прямые кусочки проволоки. Оправки, на которые установлены поляроиды, закрепляются почти вплотную друг к другу (так чтобы только можно было вращать поляроиды) и близко к оптическому столику. Это позволяет с помощью оптической системы графического проектора сделать достаточно резкими изображения проволочек на экране и наблюдать за вращением поляроидов. Во время предварительной подготовки опыта желательно подобрать такое расположение проволочек, чтобы освещенность экрана была максимальной, если проволочки параллельны, и минимальной, если проволочки перпендикулярны друг другу.



Рис 1

Для того чтобы продемонстрировать явление поляризации и действие поляроидов, соберите экспериментальную установку согласно схеме, представленной на рис. 1. Внешний вид установки приведен на рис. 2.

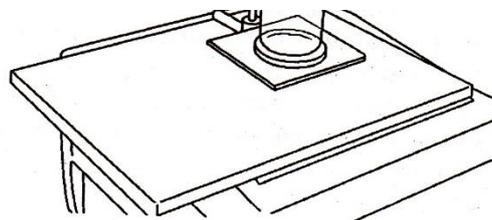


Рис 2

Провести опыт с использованием интерактивной модели:

<http://interfizika.narod.ru/optic/polar.swf>

ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. **Оформить конспект лабораторной работы.**
2. Провести демонстрационные опыты с использованием интерактивной модели
3. **Ответить на вопросы**
4. **Предоставить фотоотчет тетради и работы с интерактивными моделями.**