

Лабораторная работа №33

ЗАКОНЫ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА

Приборы и принадлежности:

Гелий-неоновый лазер, набор призм из различных материалов и с разными преломляющими углами. Общий вид установки для опыта Арио представлен на рис. 1.



Рис. 1. Установка для опыта Арио

1. Опыт Арио

Работа В.Снеллиуса (1591 - 1626) по выводу закона преломления (1621) не сохранилась. Р.Декарт (1596 - 1650) вновь сформулировал его в 1638 году, присвоив закону имя Снеллиуса. Мы следуем этой традиции, хотя закон, по-видимому, еще раньше был открыт Арио (1560 - 1621).

Для повторения опытов Арио возьмем призму ABC (рис.2) и лист белой бумаги. В качестве источника света в этой работе используется гелий-неоновый лазер. Расположим призму на бумаге так, чтобы грань AC была нормальна к лазерному лучу (на рис.2 проведен сплошной линией).

Здесь угол E будем называть углом скольжения, а δ – углом отклонения. В этом опыте угол скольжения E равен 90° . Отметив на листе карандашом направление O_0O_1 падающего луча и OO_2 преломленного луча, а также

направления граней AC и AB, определим затем, сняв с листа призму, углы отклонения луча δ и преломляющий угол призмы A и запишем результаты измерений в градусах в таблицу. Такие измерения следует повторить, по крайней мере с тремя из имеющихся в лаборатории призм, желательно из разного материала. При обработке экспериментальных данных следует пользоваться формулой

$$n = \frac{\sin(A + \delta)}{\sin A}. \quad (1)$$

Результат запишем в стандартной форме:

$$n = \bar{n} \pm \Delta n, \quad p = 0,95.$$

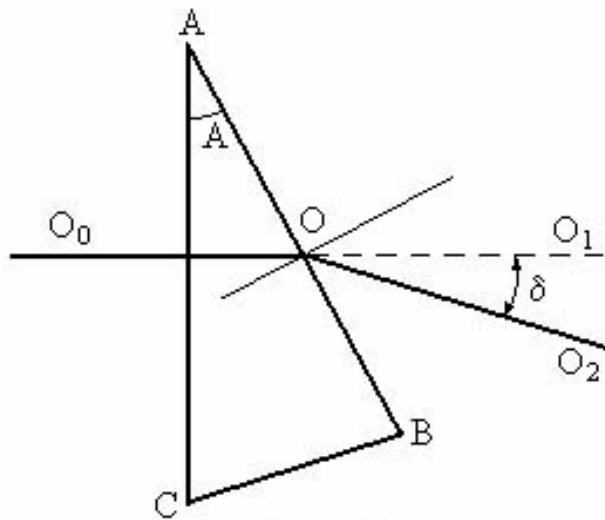


Рис. 2. Схема опыта Арио

Таблица 1

	№	Преломляющий угол А,град.	Угол отклонения луча δ, град.
Призма 1	1		
	2		
	3		
	среднее		
$n = \bar{n} \pm \Delta n$			
Призма 2	1		
	2		
	3		
	среднее		
$n = \bar{n} \pm \Delta n$			
Призма 3	1		
	2		
	3		
	среднее		

2. Определение показателя преломления путем вычисления угла минимального отклонения призмы.

Показатель преломления можно найти и с помощью одной призмы. Для этого несколько видоизменим опыт Арио. Положим на лист белой бумаги какую-либо определенную призму ABC произвольно по отношению к лучу O_0O_1 (рис.3). Зафиксируем направления лучей падающего O_0O_1 , преломленного OO_2 и положение призмы. Сняв с листа призму, измерим транспортиром углы скольжения E и отклонения δ . Будем повторять опыты до тех пор, пока не убедимся в том, что нашли такой угол скольжения E_* , при котором угол δ_* минимален. Для этого удобно построить график зависимости $\delta=f(E)$. Обратим внимание на то, что при угле скольжения E_* ход лучей через призму

симметричен. Измерив на графике угол δ_* , можно по формуле (2) вычислить показатель преломления призмы:

$$\sin \frac{A + \delta_*}{2} = n \cdot \sin \frac{A}{2} \quad (2)$$

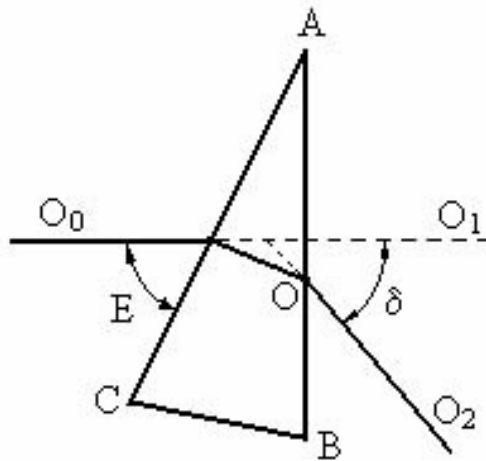


Рис. 3. Опыт по определению минимального угла δ

Таблица 2

Преломляющий угол призмы $A =$		
№	Угол скольжения E	Угол отклонения δ
1		
2		
.		
.		
10		
Минимальный угол отклонения $\delta_* =$		
Показатель преломления $n =$		

Сравните полученное значение с ранее вычисленным по способу Арио. Подумайте, чем можно объяснить различие.

В качестве примера оформления этой части работы см. прилагаемую к описанию "заметку в научный журнал "О природе гало".

3.Опыты Ньютона с призмой.

В предыдущих опытах мы не обращали внимания на радужную окраску контуров предметов, которые видны через призму, И. Ньютон (1643 - 1727) первый провел несколько экспериментов по исследованию спектров с помощью купленных им призм у себя в комнате в 1666 году (опубликованы в 1672 году).

Пропустив луч солнечного света через маленькую дырочку в ставнях окна в темной комнате, Ньютон наблюдал созданный призмой спектр. Его удивило то, что длина спектра в несколько раз (у Ньютона в 72 раза) больше его ширины. Эти первые опыты были грубыми, поскольку в качестве источника света использовалась дырка в экране. Волластон (176 - 1828) стал использовать в качестве источника света щель. Однажды, случайно взглянув на лучи солнечного света, проникавшего сквозь жалюзи в окне, он понял, что более четкий спектр можно получить от узкой щели. Фраунгофер (1787 - 1826) пошел еще дальше, применив фокусированное изображение щели. Так был создан спектроскоп – один из важнейших физических приборов.

Соберем упрощенную схему спектроскопа (рис. 4).

Пусть нить накала лампы А служит источником света. Создадим с помощью линзы В параллельный пучок света и направим его на призму так, чтобы ход лучей был симметричным относительно призмы. Поставим на пути вышедших лучей белый экран или матовое стекло, превратив тем самым наш прибор в спектроскоп. Измерим расстояние DE и положение синих, зеленых, желтых и красных лучей.

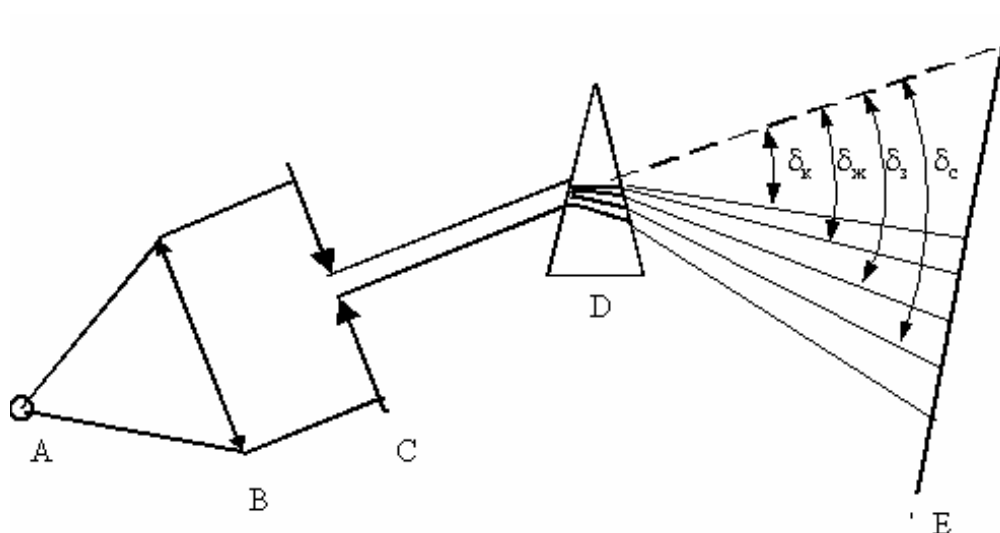


Рис. 4. Упрощенная схема спектроскопа

По окончании работы следует составить отчет. Оформите его в виде краткой заметки в научный журнал. Для этого опишите один из опытов, который вы проделали. Придумайте интригующее возможного читателя заглавие из 5 -10 слов, по которому можно было бы судить о содержании заметки. Напишите введение, в котором вы должны ответить на вопрос, чем интересна данная проблема с точки зрения физики и какова цель именно этого эксперимента. Далее следует описать методику эксперимента и примененную аппаратуру. В следующем разделе заметки сообщите о результатах опытов, приведите таблицу измеренных величин, результаты желательно представить графически.

В последнем разделе заметки проанализируйте результаты, сопоставьте их с соответствующей теорией или другими экспериментами. В заключение следует указать использованную литературу. В приложении в качестве примера приведен отчет, оформленный по правилам.

Вопросы для самоконтроля

1. Заметим, что при симметричном ходе лучей вышедший из призмы пучок света должен быть параллельным лучу, отраженному от основания призмы. Где можно использовать этот факт? Предложите схему установки. В качестве прототипа можно рекомендовать прибор Фукса.

2. Каким должен быть преломляющий угол призмы, чтобы любой луч, вошедший в нее со стороны основания, вышел обратно параллельно вошедшему лучу? Где используют такие призмы?

3. Показать, что склеенные основаниями призмы с преломляющими углами A и $2A$ отклоняют любой луч, вошедший во вторую призму на угол $2A$. В каких ситуациях заменой зеркалу может служить такая отражательная призма?

4. Для переворачивания изображений применяются трехгранная призма, в которой луч, проходя внутри призмы, отражается от основания, испытывая полное внутреннее отражение. Каким должны быть параметры призмы, чтобы луч, вошедший в призму параллельно основанию, остался по выходе из призмы параллельным вошедшему?

5. В какой цвет окрашена внешняя сторона паргелия гало?

Литература

1. С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. Курс общей физики // СПб.: Издательство "Лань", 2006, т.3, §§ 251, 252, 281.

2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики // М.: Физматлит, Издательство МФТИ, 2002, т.4, §§ 2.

Приложение. Пример заметки в научный журнал

О природе гало

Гало – группа оптических явлений в атмосфере, которые возникают вследствие преломления и отражения света ледяными кристаллами, образующими перистые облака. Явление гало весьма разнообразно. Они имеют вид радужных (в случае преломления) и белых (при отражении) полос, пятен, дуг, кругов на небесном своде. Обычные формы гало: радужные круги вокруг диска Солнца или Луны с угловым радиусом либо 22° , либо 46° . Для возникновения некоторых гало необходимо, чтобы ледяные кристаллы, имеющие форму прямых шестигранных призм, были ориентированы по отношению к вертикали одинаковым образом.

Теория гало детально разработана. Так 22° – градусный круг (паргелий) возникает в результате преломления луча через грани, образующие углы в 60° . 46° – градусный паргелий создается преломлением лучей на сколах призм, составляющих прямые углы. Целью эксперимента является проверка последнего вывода теории.

Для этого была собрана установка, схема которой изображена на рисунке 1 (вид сверху). Лампа накаливания 30 Вт, 12 в через конденсорную линзу диаметром $d = 7$ мм и фокусным расстоянием 10 см освещала щель шириной $l = 2$ мм, образованную лезвиями для безопасной бритвы, которые приклеены пластилином к пластмассовой рамке для диапозитивов. Выделенный щелью узкий пучок света падал на грань стеклянной тонкостенной кюветы с водой. Кювета представляла собой прямоугольный параллелепипед, склеенный из плоскопараллельных стекол. Толщина стекла 2 мм, поперечное сечение кюветы 24x26 мм, высота 40 мм. Поворачивая кювету вокруг вертикальной оси, можно было увидеть на листе белой бумаги, на котором стояла кювета, луч, разложенный в спектр прямым преломляющим углом ВАС. Для этого оптическая ось системы лампа + линза была немного наклонена к горизонту. По отмеченным на бумаге контурам основания кюветы и направлениям

падающего и преломляемого кюветой лучей были измерены школьным транспортиром углы падения φ , преломления φ^0 , и δ отклонения зеленого луча. Положения красных и синих лучей не фиксировались. Результаты измерений сведены в таблицу 1 и представлены графиком рис. 2.

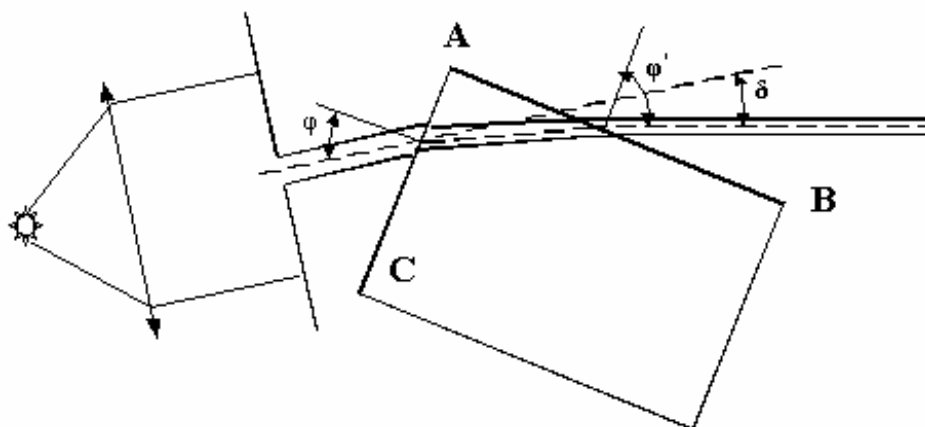


Рис. 1. Схема установки.

Таблица 1

φ	φ^0	δ^0
75	69	52
78	69	52
83	66	56
69	79	55
77	67	52
70	79	54
83	66	57
72	72	51
65	82	56
87	64	59

Из графика видно, что призма отклоняет группу лучей в интервале углов $70^{\circ} - 80^{\circ}$ на один и тот же угол δ^* , равный примерно 52° . Поскольку в данной модели явления гало в качестве преломляющей среды использовалась вода ($n_0 = 1.33$) вместо льда ($n = 1.31$), то этот угол оказался больше 46° , под которым виден внешний паргелий. Учитывая этот факт, а также точность примененного метода, можно утверждать, что теория правильно описывает явления гало.

Отметим, что данная методика позволяет определять показатель преломления материала призмы. Для этого можно использовать известную формулу для отклонения луча при симметричном ходе его в призме

$$\sin \frac{A + \delta^*}{2} = n \sin \frac{A}{2}$$

По нашим измерениям находим: $n = 1.33$.

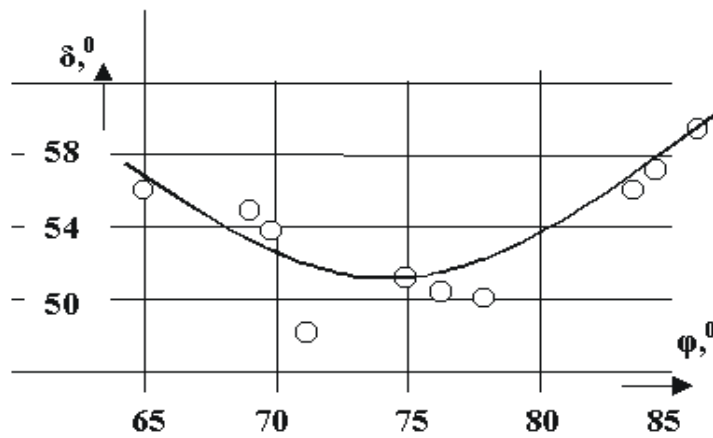


Рис. 2. График по результатам измерений.