

## Работа 4.6

### Определение дисперсии и разрешающей способности стеклянной призмы

**Оборудование:** призмы из стекла разных сортов (крона, флинта), гониометр Г5, ртутный осветитель СОЛ-1.

#### Введение

Рассмотрим ход лучей в призме (рис. 4.14).

Угол  $A$  при вершине призмы называют *преломляющим углом призмы*. Угол  $\delta$  между направлением падающего луча, и луча, который выходит из призмы, называют *углом отклонения*. Согласно закону преломления имеем:

$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1}, \quad (1)$$

где  $\alpha_1$  — угол падения лучей на призму,  $\beta_1$  — угол преломления на первой грани призмы,  $n$  — показатель преломления вещества призмы.

$$\delta = (\alpha_1 - \beta_1) + (\alpha_2 - \beta_2). \quad (2)$$

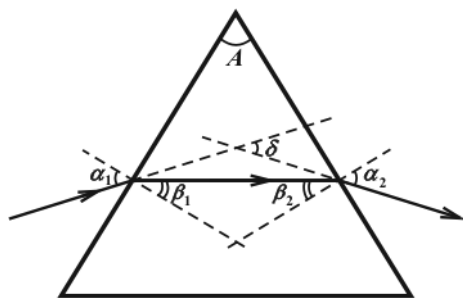


Рис. 4.14

Поскольку  $\beta_1 + \beta_2 = A$ , то  $\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - A$ .

Угол отклонения  $\delta$  будет наименьшим в том случае, когда падающий луч после преломления будет распространяться параллельно основанию призмы. При этом угол входа луча в призму ( $\alpha_1$ ) будет равен углу выхода ( $\alpha_2$ ), т. е.  $\alpha_1 = \alpha_2$ .

Поэтому

$$\delta_{\min} = 2\alpha_1 - A. \quad (3)$$

Таким образом,

$$\alpha_1 = \frac{A + \delta_{\min}}{2}. \quad (4)$$

Поскольку  $\alpha_1 = \alpha_2$ , то

$$\beta_1 = \beta_2 = \frac{A}{2}. \quad (5)$$

Учитывая соотношения (1), (4) и (5), получим

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}}. \quad (6)$$

Показатель преломления вещества не является постоянной величиной, характеризующей его, а зависит от длины волны падающего света. Учитывая эти обстоятельства, можно записать:

$$n_{\lambda} = \frac{\sin \frac{A + \delta_{\lambda}}{2}}{\sin \frac{A}{2}}, \quad (7)$$

где  $n_{\lambda}$  и  $\delta_{\lambda}$  — соответственно показатель преломления вещества и угол наименьшего отклонения для лучей с длиной волны  $\lambda$ .

Соотношение (7) обычно применяется для определения показателя преломления  $n$  по измеренным  $A$  и  $\delta$ .

В прозрачных средах показатель преломления  $n$  растет с уменьшением длины волны  $\lambda$ . Для прозрачных тел зависимость (в видимой части спектра) имеет вид:

$$n_{\lambda} = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \dots, \quad (8)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — постоянные характеристики вещества.

Неодинаковая преломляемость лучей разного цвета позволяет с помощью призмы разложить сложный свет на монохроматические составляющие. Призма является основной частью множества спектральных приборов: спектроскопов, монохроматоров, спектрографов и т. д. Величинами, которые характеризуют качества этих приборов, являются *угловая дисперсия*  $D$  и *разрешающая способность* призмы  $R$ .

Угловой дисперсией призмы называется величина, равная производной угла отклонения по длине волны:

$$D = \frac{d\delta}{d\lambda}. \quad (9)$$

Угол отклонения, в свою очередь, зависит от  $n$ , поэтому можно записать:

$$D = \frac{d\delta}{dn} \cdot \frac{dn}{d\lambda}.$$

Поскольку  $\frac{dn}{d\delta} = \frac{1}{2} \frac{\cos \frac{A + \delta_{\lambda}}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$ , то для  $D$  получаем:

$$D = \frac{2 \sin \frac{A}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{A}{2}}} \cdot \frac{dn}{d\lambda} \quad (10)$$

Разрешающей способностью призмы называют величину

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = d \cdot \frac{dn}{d\lambda}, \quad (11)$$

где  $d$  — длина основания призмы.

**Описание метода и установки.** В данной работе определение угловой дисперсии  $D$  и разрешающей способности  $R$  проводится для призм из стекла разных сортов (крона и флинта). Стекло, которое называется крон, имеет меньшую относительную дисперсию  $\varepsilon$ , а стекло, которое называется флинт, — большую относительную дисперсию. Относительной дисперсией стекла называют величину

$$\varepsilon = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}, \quad (12)$$

где  $n_F$  — показатель преломления для синей линии атомарного водорода  $\lambda = 486,1$  нм;  $n_C$  — показатель преломления для красной линии атомарного водорода  $\lambda = 656,3$  нм;  $n_D$  — показатель преломления для среднего значения длины волны дублета желтой линии натрия  $\lambda = 589,3$  нм.

Для измерения углов служит прибор, который называется *гониометром*. Основными частями его являются: коллиматор, зрительная труба, поворотный столик, на котором может быть размещена призма.

## Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Определение дисперсии и разрешающей способности призмы.

1. Включите источник света.
2. Установите зрительную трубу таким образом, чтобы наблюдалось резкое изображение освещенной щели. Сделайте отсчет  $\alpha_0$  по шкале.

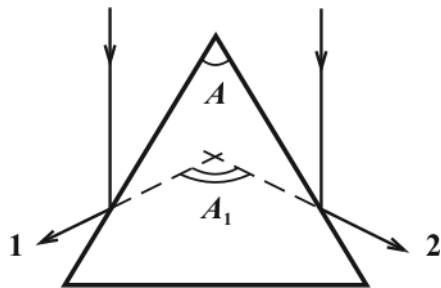


Рис. 4.15

3. Разместите на столике гониометра призму из крона ( $K$ ).

4. Определите преломляющий угол призмы  $A$ . Для этого призма должна быть размещена так, чтобы пучок лучей, выходящих из коллиматора, отражался от обеих граней, которые образуют преломляющий угол  $A$  (рис. 4.15).

Измерьте угол  $A_1$ . Для этого найдите разность двух отсчетов положения зрительной трубы, при которых визирная линия совпадает с изображениями щели, полученными при отражении лучей 1 и 2 от обеих граней призмы. Преломляющий угол призмы будет:

$$A = \frac{A_1}{2}.$$

5. Определите угол наименьшего отклонения  $\delta_\lambda$  для всех линий ртутного спектра. Угол наименьшего отклонения

$$\delta_\lambda = \alpha_\lambda - \alpha_0,$$

где  $\alpha_\lambda$  — отсчет по шкале гониометра, полученный для соответствующих линий спектра.

Для определения угла наименьшего отклонения  $\delta_\lambda$  поверните призму на столике так, чтобы пучок, выходящий из коллиматора, падал на грань призмы примерно под углом  $\alpha_1 = 45^\circ$  (рис. 4.14).

Поворачивая зрительную трубу, найдите созданные пучком и преломленные в призме, изображения щели для разных частей спектра. Затем, наблюдая в трубу, начинайте ее медленно поворачивать вместе с призмой в таком направлении, чтобы изображение щели в поле зрения трубы перемещалось в сторону неотклоненного пучка.

Если при этом изображение щели выходит из поля зрения трубы, то последнюю необходимо немного повернуть так, чтобы это изображение снова попало в поле зрения.

В тот момент, когда при повороте столика изображение щели остановится и начнет двигаться обратно, прекратите поворот и сделайте отсчет по шкале гониометра. То же сделайте и для других линий спектра.

6. Пользуясь формулой (7), определите показатель преломления вещества призмы для разных длин волн  $\lambda$  (табл. 21).

7. Постройте график зависимости  $n(\lambda)$ .

8. Пользуясь графиком, определите дисперсию вещества ( $dn/d\lambda$ ).

9. Пользуясь формулой (10), определите величину угловой дисперсии для одной из линий спектра.

10. По формуле (11) определите разрешающую способность призмы.

11. Соответствующие измерения сделайте для призмы из флинта (призма  $\Phi$ ).

12. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ п/п	$A_1$	$A$	$\alpha_\lambda$	$\alpha_0$	$\delta_\lambda$	$n$	$d$	$D$	$R$
-------	-------	-----	------------------	------------	------------------	-----	-----	-----	-----

13. Сравните результаты полученных величин для разных призм.

### ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Определите относительную дисперсию призм для стекла крона и флинт.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Выведите формулу, связывающую показатель преломления призмы ( $n$ ) с ее преломляющим углом ( $A$ ) и с углом наименьшего отклонения ( $\delta$ ).
2. Что называют угловой дисперсией призмы?
3. Получите формулу, по которой в работе определяют угловую дисперсию  $D$ .
4. Что называют разрешающей способностью призмы?
5. От чего зависит разрешающая способность призмы?
6. Каким образом можно экспериментально определить преломляющий угол призмы?
7. Что такое относительная дисперсия?
8. Какая призма (из крона или из флинта) обладает большей дисперсией?
9. Как в работе определяется величина дисперсии?
10. Какая существует зависимость между показателем преломления и длиной волны для прозрачного вещества?