

Ярославский государственный педагогический  
университет им. К. Д. Ушинского

Лабораторная работа № 16  
Определение показателя  
преломления стеклянной  
призмы

Ярославль  
2014

---

## Оглавление

1.	Вопросы для подготовки к работе . . . . .	3
2.	Краткая теория . . . . .	3
3.	Описание установки . . . . .	6
4.	Порядок выполнения работы . . . . .	7
	Задание 1. . . . .	7
	Задание 2. . . . .	7
	Задание 3. . . . .	7
5.	Контрольные вопросы . . . . .	10

Составители: В.К. Мухин, старший преподаватель кафедры общей физики  
Г.В. Жусь, кандидат технических наук, доцент кафедры  
общей физики

## Лабораторная работа № 16

### Определение показателя преломления стеклянной призмы

**Цель работы:** определить показатель преломления призмы для длин волн в спектре ртути и исследовать зависимость  $n = f(\lambda)$ .

**Приборы и принадлежности:** призма, гониометр, ртутно-кварцевая лампа, осветитель с лампой накаливания.

#### Литература:

1. Александров Н.В. и др. Практикум по курсу общей физики. Выпуск 4. – М.: Просвещение, 1972.
2. Ландсберг Г.С. Оптика. – М.: Наука, 1976.

## 1. Вопросы для подготовки к работе

1. Физический смысл показателя преломления.
2. Что называется дисперсией? Нормальная и аномальная дисперсия.
3. Методы наблюдения дисперсии.

## 2. Краткая теория

Оптические свойства веществ характеризуются показателем преломления. Согласно электромагнитной теории скорость света в веществе зависит от электрических и магнитных свойств среды и определяется соотношением

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}},$$

где  $c$  — постоянная, равная  $3 \cdot 10^8$  м/с;  
 $v$  — скорость света в среде;  
 $\epsilon$  и  $\mu$  — относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.

Для вакуума  $\epsilon = \mu = 1$  и  $c = v$ ; следовательно,  $c$  — это скорость света в вакууме.

---

Отношение  $\frac{c}{v} = \sqrt{\varepsilon\mu} = n$  называется абсолютным показателем преломления среды.

Поскольку длина волны  $\lambda$  связана со скоростью распространения волны  $v$  и частотой колебаний  $\nu$  как  $v = \lambda\nu$ , то

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_o}{\lambda},$$

где  $\lambda_o$  — длина волны в вакууме,  
 $\lambda$  — длина волны в среде.

Таким образом, длина волны электромагнитного излучения в среде с показателем преломления  $n$  определяется как  $\lambda = \frac{\lambda_o}{n}$ .

Установлено, что показатель преломления среды зависит от длины волны света (цвета луча). Это явление называется дисперсией

$$n = f(\lambda).$$

Различают два вида дисперсии: нормальную, при которой показатель преломления уменьшается с ростом длины волны и аномальную, при которой показатель преломления увеличивается с ростом длины волны. Область аномальной дисперсии лежат в зоне наибольшего поглощения света в веществе, поэтому наблюдение аномальной дисперсии чрезвычайно затруднено.

Для прозрачных веществ обычно имеет место нормальная дисперсия. В видимой области спектра для оптических стекол показатель преломления  $n_\lambda$  приблизительно вычисляется по эмпирической формуле Гартмана:

$$n_2 = n_0 + \frac{k}{(\lambda - \lambda_0)^\alpha},$$

где  $n_0$ ;  $k$ ;  $\lambda_0$ ;  $\alpha$  — постоянные для данной марки стекла.

На явлении дисперсии основано разложение сложного некогерентного света в спектр. Для получения спектра используют дисперсионные (преломляющие) призмы. Такой спектр носит название дисперсионного (в отличие, например, от дифракционного, получаемого при помощи дифракционной решетки).

Преломляющей призмой называется оптический элемент, ограниченный двумя преломляющими непараллельными плоскостями, образующими двугранный угол. Этот угол называется преломляющим углом призмы, а плоскость, перпендикулярная ребру двугранного угла, называется главным сечением призмы.

## 2. Краткая теория

Таким образом, преломляющая призма характеризуется преломляющим углом  $A$ , то есть углом между плоскостями призмы в ее главном сечении и показателем преломления  $n$  материала, из которого она изготовлена.

На рис. 2.1 представлен ход лучей в главном сечении призмы. Пройдя через призму, луч отклоняется от своего первоначального направления на угол  $\delta$ , называемый углом отклонения. Угол отклонения лучей зависит от показателя преломления вещества призмы следующим образом:

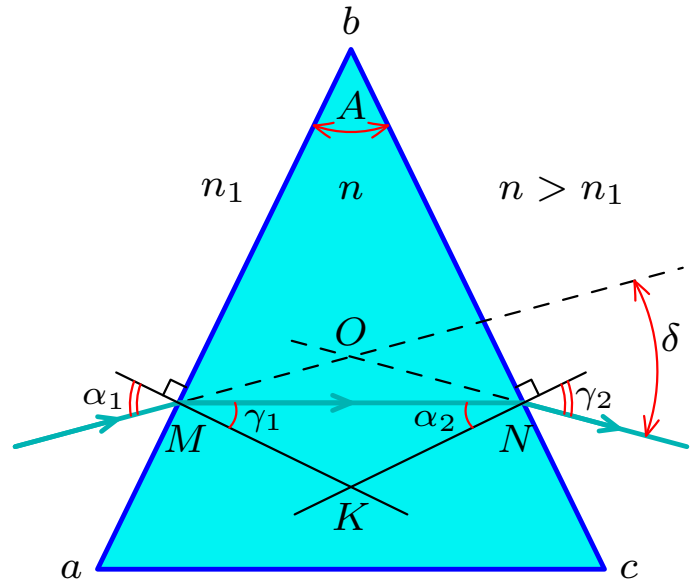


Рис. 2.1

Угол отклонения лучей зависит от показателя преломления вещества призмы следующим образом:

$$\delta = \arcsin\left(\frac{n}{n_1} \sin \gamma_1\right) + \arcsin\left(\frac{n}{n_1} \sin \alpha_2\right),$$

где  $\gamma_1$  — угол преломления луча на первой поверхности призмы,

$\alpha_2$  — угол падения луча на вторую грань призмы.

Если углы  $\alpha_1 = \gamma_2$ ,  $\gamma_1 = \alpha_2$ , то угол  $\delta$  будет минимальным. Для минимального угла отклонения  $\delta_{min}$  имеет место соотношение

$$\frac{n}{n_1} = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_{min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}. \quad (2.1)$$

Покажем это. Для грани  $ab$  закон преломления запишется так:

$$\frac{n}{n_1} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1}. \quad (2.2)$$

Угол  $A$  — внешний для треугольника  $MNK$ .

$$A = 2\gamma_1 \implies \gamma_1 = \frac{A}{2}. \quad (2.3)$$

---

Угол  $\delta_{min}$  — внешний для треугольника  $MON$ .

$$\delta_{min} = (\alpha_1 - \gamma_1) + (\gamma_2 - \alpha_2) = 2\alpha_1 - 2\gamma_1$$

$$2\alpha_1 = \delta_{min} + 2\gamma_1 = \delta_{min} + A \implies \alpha_1 = \frac{\delta_{min} + A}{2}. \quad (2.4)$$

Используя соотношения (2.2), (2.3), (2.4), получим формулу (2.1).

В данной работе надо определить относительные показатели преломления стеклянной призмы для длин волн в спектре ртути, исходя из соотношения (2.1). Экспериментальная задача сводится к определению  $A$  — преломляющего угла призмы и  $\delta_{min}$  — угла наименьшего отклонения. Для определения углов используется гониометр.

### 3. Описание установки

Гониометр состоит из штатива, на котором укреплен лимб, разделенный, на градусы и две оптические трубы (рис. 3.1).

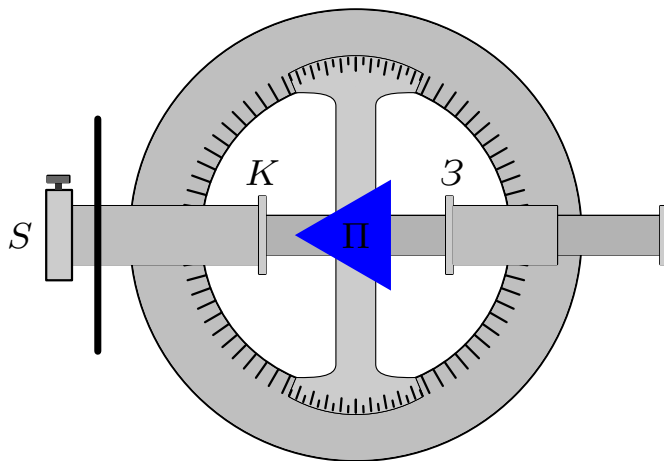


Рис. 3.1

$K$  — неподвижная труба-коллиматор;  $З$  — подвижная зрительная труба, которая может поворачиваться около вертикальной оси, проходящей через центр лимба перпендикулярно плоскости чертежа. Зрительная труба жестко связана с нониусами, которые перемещаются по лимбу. Коллиматор нужен для формирования параллельного пучка света.

В качестве точечного (в горизонтальной плоскости) источника света используется регулируемая щель  $S$ . Зрительная труба снабжена крестообразным визиром. В центре гониометра на столике помещается исследуемая призма  $П$ . Она может поворачиваться вокруг вертикальной оси.

## 4. Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Знакомство с описанием и конструкцией экспериментальной установки.

Произведите настройку гониометра. Для этого снимите призму и расположите подвижную трубу  $Z$ , как показано на рис. 3.1. Осветите щель коллиматора светом электрической лампы накаливания. Наблюдая в зрительную трубу  $Z$ , добейтесь четкого изображения щели (щель должна быть узкой).

**Задание 2.** Определение преломляющего угла призмы.

Преломляющий угол призмы можно определить, измерив угол  $\varphi$ . Угол  $\varphi$  — это угол между продолжениями отраженных лучей, падающих на грани призмы  $ab$  и  $bc$  параллельно биссектрисе преломляющего угла (рис. 4.1). Угол  $A = \frac{\varphi}{2}$  (докажите самостоятельно).

Поставьте призму так, чтобы параллельный пучок лучей, идущий из коллиматора, был сонаправлен с биссектрисой преломляющего угла призмы. Поверните зрительную трубу влево, найдите изображение щели и совместите ее с визиром зрительной трубы. Произведите отсчет угла  $\varphi_1$  по малому нониусу. Затем поверните трубу вправо и также найдите изображение щели, полученное при отражении лучей от второй грани призмы. Произведите отсчет  $\varphi_2$ . Разность значений углов ( $\varphi_2 - \varphi_1$ ) дает значение угла  $\varphi$ . Измерение углов произведите 5-7 раз. Данные занесите в таблицу 1.

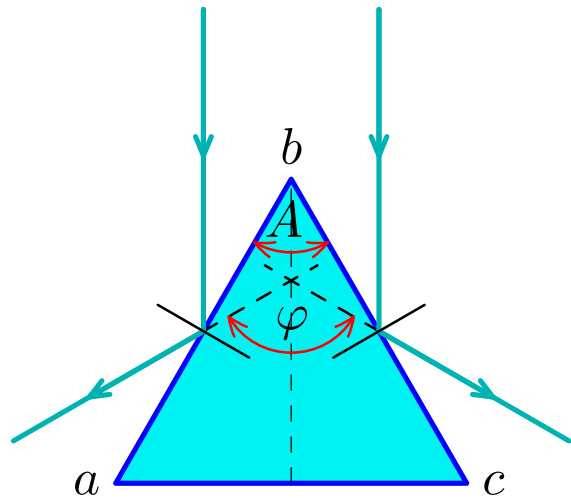


Рис. 4.1

**Задание 3.** Определение угла наименьшего отклонения и вычисление показателя преломления.

Осветите щель коллиматора ртутно-кварцевой лампой. Поверните призму так, чтобы биссектриса ее преломляющего угла образова-

ла с направлением луча, идущего из коллиматора, угол, близкий к  $110^\circ - 120^\circ$  (рис. 4.2). Луч, пройдя через призму, образует спектр. Поворачивайте зрительную трубу в сторону основания призмы до тех пор, пока изображение спектра не появится в поле зрения трубы.

### Внимание!

1. Зрительную трубу надо поворачивать очень медленно.
2. Если спектр не появился в поле зрения трубы, то призму следует слегка повернуть вправо или влево.

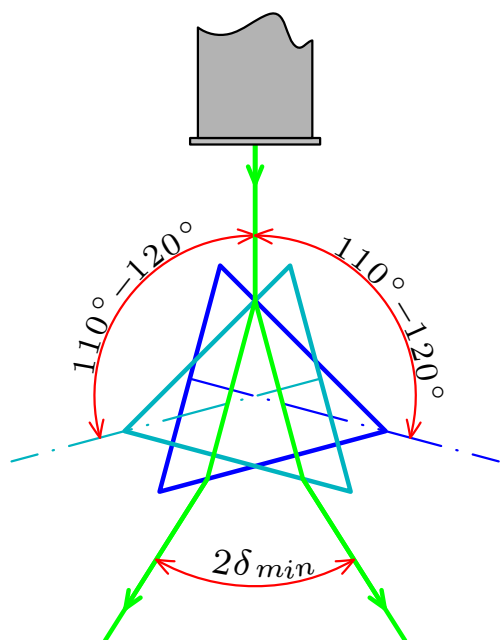


Рис. 4.2

После того как в поле зрения трубы появится спектр, приступайте к нахождению лучей, идущих под углом наименьшего отклонения. Поступите следующим образом: наведите перекрестье на желтую линию спектра; затем столик с призмой медленно поворачивайте в сторону вершины, одновременно перемещая трубу так, чтобы спектр оставался в поле зрения трубы, а перекрестье удерживалось на желтой линии. В некоторый момент желтая линия спектра остановится и начнет перемещаться в сторону, противоположную вращению призмы (то есть возвращаться

обратно). В момент остановки линии, перед тем как она пойдет обратно, в трубку попадают лучи, идущие под углом наименьшего отклонения. Добившись такого положения, призму остановите. Проверьте точность совмещения нитей визира с желтой линией спектра. Для этого слегка поверните столик с призмой вправо и влево. При этом линия спектра должна оставаться на визире. Затем произведите отсчет угла  $\delta_{1ж}$  по малому нониусу. Не трогая призму, наведите визир зрительной трубы на зеленую и фиолетовую линии спектра и произведите отсчеты  $\delta_{1з}$  и  $\delta_{1ф}$ .

Поверните призму вправо и, используя предыдущие указания, найдите углы наименьшего отклонения  $\delta_{2ж}$ ,  $\delta_{2з}$ ,  $\delta_{2ф}$ . Измерения про-



#### 4. Порядок выполнения работы

изведите 5 – 7 раз. Угол  $\delta_{min}$  определите как  $\frac{(\delta_2 - \delta_1)}{2}$ . Данные измерений и расчетов занесите в таблицу 1.

Таблица 1

№	$\varphi_{1i}$	$\varphi_{2i}$	$A_i = \frac{\varphi_{2i} - \varphi_{1i}}{2}$	$\delta_{1i}$	$\delta_{2i}$	$\delta_{min} = \frac{\delta_{2i} - \delta_{1i}}{2}$	$n_i$	$\Delta n_i$	$(\Delta n_i)^2$
1									
2									
и т.д.									
							$n_{cp}$		$\Sigma$

Сделайте для каждой линии спектра отдельную таблицу. Ошибку подсчитайте по формуле

$$n = t_{\alpha n} \sqrt{\frac{\sum (\Delta n_i)^2}{i n(n-1)}}.$$

Постройте график зависимости  $n = f(\lambda)$  с учетом ошибок измерений (рис. 4.3).

Длины волн в спектре ртути:

$\lambda_{ж} = 578$  нм  
 $\lambda_{з} = 546$  нм  
 $\lambda_{ф} = 406$  нм

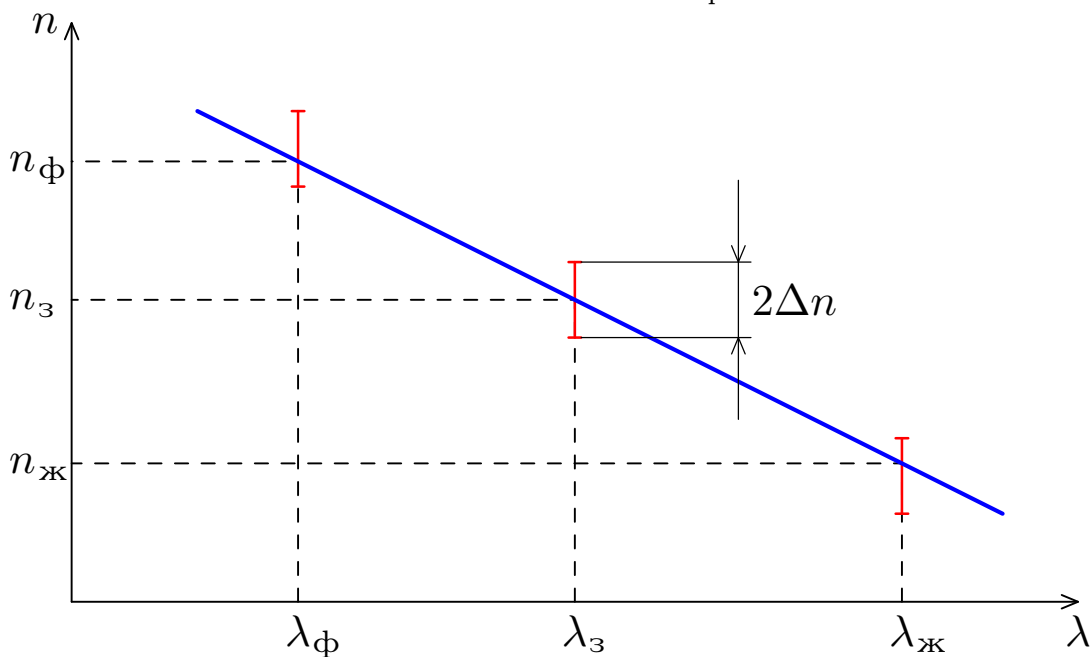


Рис. 4.3

---

## 5. Контрольные вопросы

1. Нормальной или аномальной дисперсией обладает исследуемая призма?
2. Выведите рабочую формулу (2.1).
3. Докажите, что  $A = \frac{\varphi}{2}$  (рис. 4.1).
4. Постройте ход лучей в призме для случаев  $n < n_1$  и  $n > n_1$  ( $n$  — абсолютный показатель преломления призмы,  $n_1$  — абсолютный показатель преломления окружающей среды).
5. Как по внешнему виду отличить спектры, полученные с помощью призмы и дифракционной решетки?