



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Физика»

## **ПРАКТИКУМ**

Лабораторная работа № 0 15  
Изучение явления дисперсии света и  
определение показателя преломления  
вещества призмы  
по дисциплине

**«Физика»**

Авторы

Жданова Т.П.,

Лемешко Г.Ф.,

Лещёва О.А.,

Пруцакова Н.В.,

Холодова О.М.

Ростов-на-Дону, 2025

## Аннотация

В практикуме кратко изложены теоретические вопросы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы, рабочее задание и контрольные вопросы. Предназначен для организации самостоятельной работы студентов всех специальностей, изучающих физику.

## Авторы

к.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика»  
Жданова Т.П.

к.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика»  
Лемешко Г.Ф.

старший преп. кафедры «Физика»  
Лещёва О.А.

к.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика»  
Пруцакова Н.В.

старший преп. кафедры «Физика»  
Холодова О.М.



## Оглавление

<b>Краткая теория.....</b>	<b>4</b>
Описание экспериментальной установки.....	8
Порядок выполнения работы.....	12
Контрольные вопросы.....	14
<b>Список литературы.....</b>	<b>15</b>

**Лабораторная работа № 0 15****Изучение явления дисперсии света и определение показателя преломления вещества призмы**

**Цель работы:** Изучить явление дисперсии света; определить показатель преломления и характер дисперсии вещества призмы.

**Оборудование:** гониометр Фёдорова, треугольная призма.

**Краткая теория**

**Абсолютный показатель** преломления среды  $n$  показывает, во сколько раз фазовая скорость электромагнитных волн в среде  $U$  меньше скорости электромагнитных волн в вакууме  $C$  :

$$n = \frac{C}{U},$$

где  $C = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света в вакууме.

**Относительный показатель** преломления  $n_{2,1}$  показывает, во сколько раз фазовая скорость электромагнитных волн в одной среде меньше или больше фазовой скорости электромагнитных волн в другой среде:

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{U_1}{U_2}.$$

Опыт показывает, что скорость света в среде зависит от длины волны света  $\lambda$ . Так, в стекле в видимом диапазоне длин волн скорость минимальна для фиолетовых лучей ( $\lambda_{\Phi} \approx 400$  нм) и максимальна для красных лучей ( $\lambda_{KP} \approx 700$  нм).



Длина волны в вакууме  $\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$ , в среде длина волны

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{c}{n \cdot \nu} = \frac{\lambda_0}{n} \quad (\text{при переходе из одной среды в другую}$$

частота света  $\nu$  не меняется).

**Дисперсия света** – явление, обусловленное зависимостью показателя преломления среды  $n$  от частоты  $\nu$  или длины световой волны  $\lambda$ , т.е. выражается функцией:

$$n = f(\nu) \text{ или } n = f(\lambda).$$

**Дисперсией вещества** называется величина  $\frac{dn}{d\lambda}$ , определяющая скорость изменения показателя преломления  $n$  с изменением длины волны  $\lambda$ .

Дисперсия называется **нормальной**, если с ростом длины волны показатель преломления уменьшается, т.е.  $\frac{dn}{d\lambda} < 0$ , и

**аномальной**, если с ростом длины волны показатель преломления увеличивается, т.е.  $\frac{dn}{d\lambda} > 0$ . Для прозрачных веществ харак-

терно монотонное возрастание показателя преломления с уменьшением длины волны (рисунок 1).

**Основы теории дисперсии** заключаются в рассмотрении взаимодействия световых волн с электронами, входящими в состав атомов и молекул. Электроны в атомах и молекулах удерживаются около своих положений равновесия квазиупругими силами. Таким

образом, электроны обладают определенным набором *собственных частот колебаний*  $\nu_0$ . Под действием падающей световой волны электроны в атомах и молекулах совершают вынужденные колебания с частотой, совпадающей с частотой падающей световой волны  $\nu$  (без учета затухания).

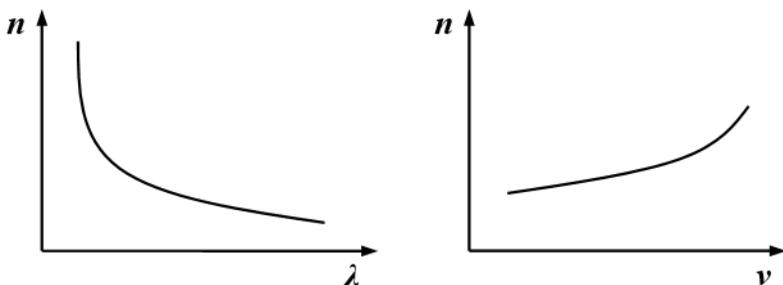


Рисунок 1 - Зависимость показателя преломления от длины волны и частоты в случае нормальной дисперсии.

Первичная электромагнитная волна, распространяясь через вещество, вызывает вынужденные колебания электронов, и они становятся источниками *вторичных* волн, которые складываясь с первичной, образуют результирующую волну с амплитудой и фазой, отличными от амплитуды и фазы первичных волн. В результате волна проходит через вещество с фазовой скоростью, отличной от скорости, с которой она распространялась бы в вакууме.

В идеальной однородной среде колеблющиеся электроны возвращают всю падающую энергию в виде вторичных волн, и поглощения света не происходит. В реальном теле часть падающей энергии переходит в другие формы (главным образом, в тепловую) – наблюдается поглощение света.

Особый интерес представляет случай, когда частота световой волны  $\nu$  совпадает с частотой собственных колебаний

электронов  $\nu_0$ . При этих частотах энергия световой волны полностью поглощается веществом. Такое явление называется **резонансным поглощением** света, а соответствующая частота – **резонансной**. Именно в области резонансного поглощения наблюдается *аномальное* поведение дисперсии, т.е. с увеличением длины волны показатель преломления увеличивается.

Экспериментальная зависимость коэффициента преломления  $n$  и коэффициента поглощения  $\chi$  от длины волны представлена на рисунке 2. Коэффициент преломления  $n$  принимает большие значения с длинноволновой стороны поглощения и малые – с ее коротковолновой стороны (рисунок 2). Внутри самой полосы поглощения коэффициент преломления убывает с уменьшением длины волны (аномальная дисперсия).

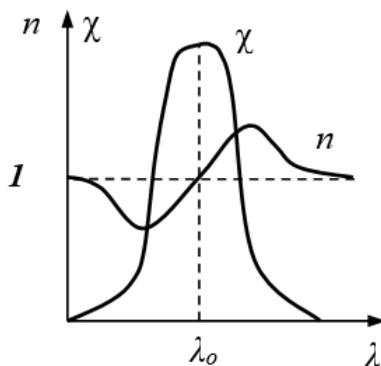


Рисунок 2 - Зависимость показателя преломления  $n$  и коэффициента поглощения  $\chi$  от длины волны вблизи одной из резонансных частот ( $\lambda_0$  – длина волны, соответствующая резонансной частоте  $\nu_0$ )

### Описание измерительной установки

Гониометр Фёдорова представляет собой прибор, состоящий из источника света, коллиматора, зрительной трубы, столика и круговой шкалы (лимба) (рисунок 3). Коллиматор служит для получения параллельного пучка света от источника. Ширина пучка задается щелью, размеры которой регулируются микрометрическим винтом. В поле зрения зрительной трубы имеется вертикальная нить (визирная линия), с помощью которой происходит установка трубы при отсчете углов.

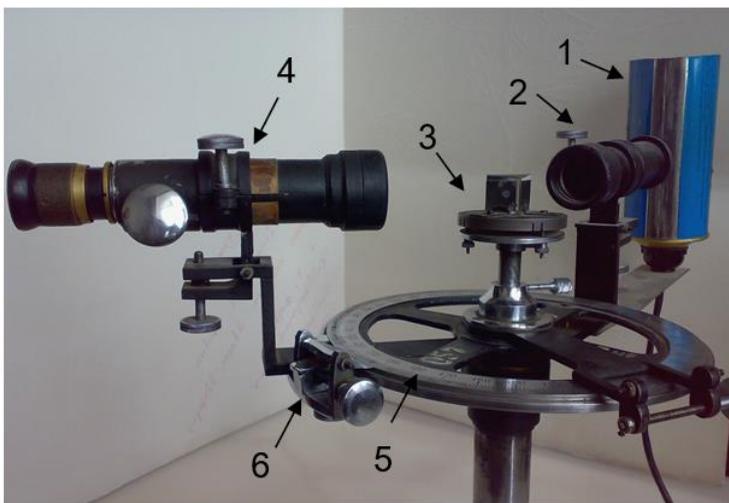


Рисунок 3 - Устройство гониометра: 1 – источник света (лампа накаливания), 2 – коллиматор, 3 – столик с призмой, 4 – зрительная труба, 5 – лимб, 6 – отсчетное устройство.

Зрительная труба может перемещаться вдоль лимба. Грубое перемещение осуществляется поворотом трубы рукой, а тонкое – микрометрическим устройством при закрепленной трубе. Труба закрепляется винтом, который закручивается снизу вверх и находится под лимбом. Столик может вращаться вокруг вертикальной оси, а также перемещаться вверх-вниз и фиксироваться в

любом положении соответствующим винтом. Горизонтальная установка плоскости столика производится при необходимости с помощью трех винтов, расположенных внизу столика. ***Треугольная призма закреплена на столике неподвижно и ее поворот при выполнении работы осуществляется только путем поворота столика!***

Лимб гониометра представляет собой неподвижный, горизонтально расположенный металлический диск, на который нанесены градусные деления, разделенные пополам (короткие штрихи). Цена деления лимба равна 0,5 градуса или 30'. Подвижная часть отсчетного устройства, соединенная со зрительной трубой, имеет шкалу, разделенную на 30 делений (шкала нониуса). Шкала нониуса позволяет производить отсчет установки зрительной трубы с точностью до 1' (рисунок 4).



Рисунок 4 - Лимб гониометра со шкалой нониуса

Отсчет положения зрительной трубы относительно лимба производится по шкале нониуса аналогично тому, как снимают показания штангенциркуля, с той лишь разницей, что одно

деление лимба –  $30'$ , а одно деление нониуса  $1'$ . Так, показания на рис. 4 составляют  $201^{\circ} 7'$ .

Принцип наблюдения разложения белого света в спектр понятен из рисунка 5.

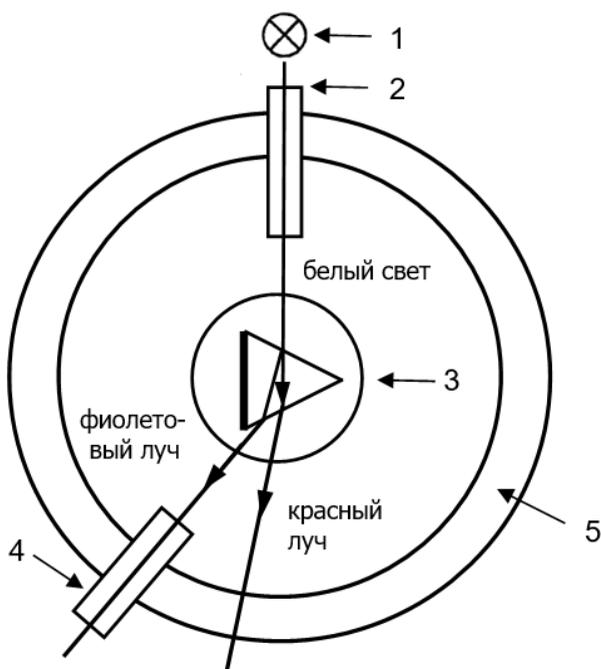


Рисунок 5 - Схема гониометра и разложение белого света в спектр с помощью призмы: 1 – источник света (лампа накаливания), 2 – коллиматор, 3 – столик с призмой, 4 – зрительная труба, 5 – лимб

Рассматривая преломление света в призме можно получить формулу для вычисления показателя преломления  $n$  для определенной длины световой волны:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha + \delta}{2}\right)}{\sin\frac{\alpha}{2}}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – преломляющий угол призмы (в нашем случае  $\alpha = 60^\circ$ ),  
 $\delta$  – угол наименьшего отклонения (угол между направлениями падающего и отклонённого лучей в случае, когда внутри призмы луч идет параллельно основанию призмы (рисунок 6)).

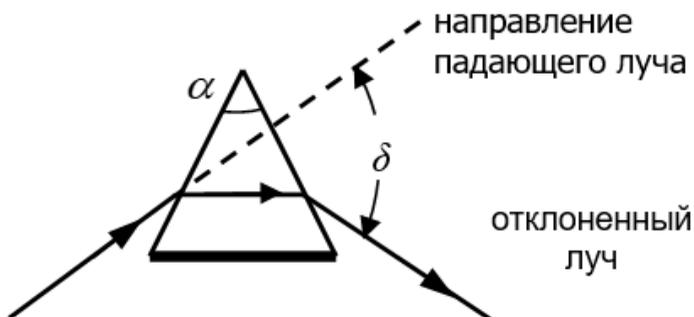


Рисунок 6 - Угол наименьшего отклонения  $\delta$  для равнобедренной треугольной призмы с преломляющим углом  $\alpha$

Таким образом, для определения показателя преломления  $n$  вещества призмы для различных длин волн света необходимо определить с помощью гониометра углы наименьшего отклонения  $\delta$  для этих фиксированных длин волн.

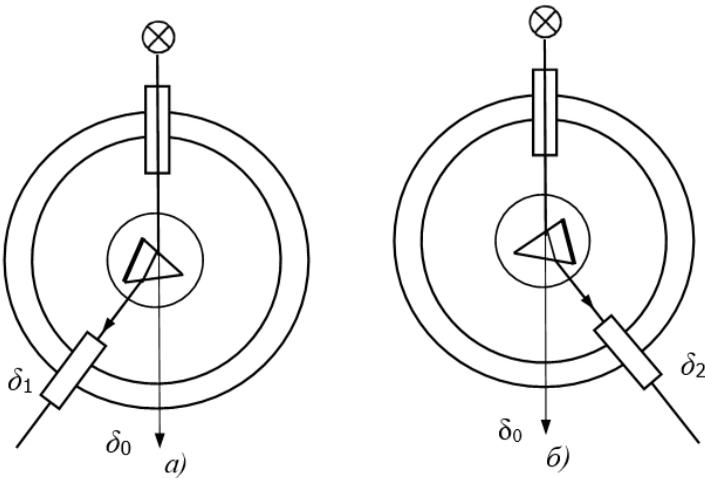


Рисунок 7 - Определение угла наименьшего отклонения  $\delta$  при двух положениях призмы

### Порядок выполнения работы

1. Опустить столик с призмой. Измерить угол прямого луча  $\delta_0$ . Для этого следует совместить визирную линию с изображением щели. Записать показания лимба и нониуса в таблицу.
2. Поднять столик с призмой и повернуть его так, чтобы основание призмы (зачерненная грань) составляло с осью коллиматора угол в  $20-30^\circ$  **слева** (рисунок 7,а) (или **справа** (рисунок 7,б)) от наблюдателя. Рукой плавно (винт крепления зрительной трубы к лимбу при этом должен быть отпущен) переместить зрительную трубу влево до тех пор, пока в поле зрения не покажется цветной спектр. За-

тем, не трогая зрительную трубу, медленно повернуть столик с призмой по часовой стрелке (или против часовой стрелки), при этом спектр в поле зрения трубы начинает перемещаться вправо (влево). Может случиться, что спектр выйдет из поля зрения трубы, в этом случае надо немного переместить зрительную трубу вслед за спектром и вновь повернуть столик. Пройдя некоторое расстояние, спектр остановится и затем начнет перемещаться назад. В этот момент установить и закрепить столик с призмой. Так производится установка призмы на угол наименьшего отклонения.

3. Вращением микрометрического винта определить  $\delta_1$  или  $\delta_2$  (рисунок 7), устанавливая последовательно визирную линию на основные цвета спектра: красный, желтый, зеленый, синий, фиолетовый и записывая показания лимба и нониуса в таблицу. Измерения произвести три раза.
4. Вычислить углы наименьшего отклонения  $\delta$  для различных цветов спектра по формуле:  $\delta = \delta_1 - \delta_0$  или  $\delta = \delta_0 - \delta_2$
5. Выразить значения  $\delta$  в градусах, учитывая, что 1 градус равен 60 минутам  
(например,  $\delta = 201^{\circ}7' = 201^{\circ} + (7 / 60)^{\circ} \approx 201,1^{\circ}$ ).
6. По формуле (1) вычислить значения показателя преломления  $n$  (с точностью до тысячных) для длин волн  $\lambda$ , указанных в таблице 1. Построить график зависимости показателя

преломления  $n = f(\lambda)$  и определить характер дисперсии (нормальная или аномальная).

Таблица 1

$\delta_0 =$						
$\alpha = 60^\circ$						
$\sin \frac{\alpha}{2} = 0,5$						
$\lambda$ (нм)		Красный 700	Желтый 570	Зеленый 540	Синий 470	Фиолетовый 400
$\delta_1 (\delta_2)$	1					
	2					
	3					
	ср					
$\delta$	-					
$\delta$ (град)	-					
$\sin\left(\frac{\alpha + \delta}{2}\right)$	-					
$n$	-					

### Контрольные вопросы

1. Описать ход работы, объясняя смысл всех операций. Знать все обозначения, используемые в таблицах.
2. Каков физический смысл абсолютного и относительного показателя преломления вещества?
3. Что называется дисперсией света?
4. Чем отличается нормальная дисперсия от аномальной?

5. Что называется, дисперсией вещества?
6. Как определяется угол наименьшего отклонения?
7. Как определяется длина волны в вакууме и в некоторой среде?
8. Как определяется коэффициент преломления вещества призмы в данной работе?
9. В чем заключается электронная теория дисперсии света?

### **Список литературы**

1. Благин А.В. Физика для инженеров / А.В. Благин, Т.С. Беликова, Т.П. Жданова и др. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2022. –601с.
2. Грабовский Р.И. Курс физики: учебное пособие для вузов / Р.И. Грабовский – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 609с.
3. Трофимова, Т. И., Физика. В таблицах и формулах: учебное пособие / Т. И. Трофимова. — Москва : КноРус, 2023. — 447 с.

### **Правила техники безопасности**

При выполнении работы необходимо убедиться, что все токоведущие части электрической схемы изолированы. Категорически запрещается касаться руками или другими предметами зажимов цепи, находящихся под напряжением. По окончании работы обязательно отключить электрическую схему от источника напряжения.