

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.22

ИЗУЧЕНИЕ ДИСПЕРСИИ СВЕТА С ПОМОЩЬЮ СТЕКЛЯННОЙ ПРИЗМЫ

Цель работы: исследование зависимости показателя преломления стекла от частоты видимого излучения.

Приборы и принадлежности: стеклянная призма, гониометр, ртутная лампа.

ВВЕДЕНИЕ

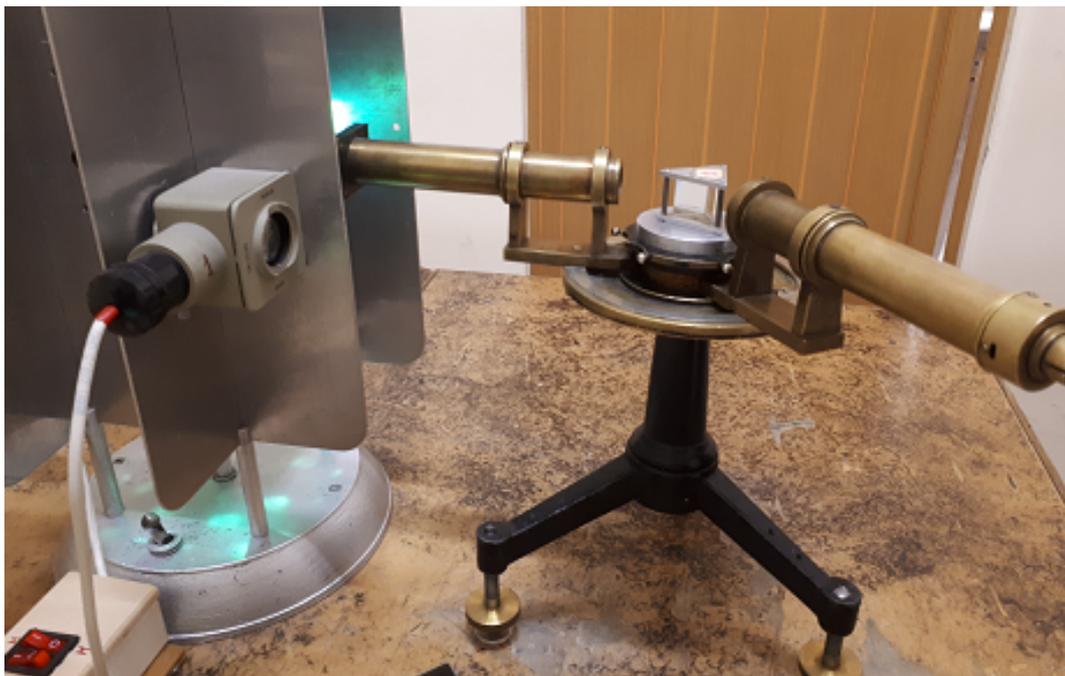
Показатель преломления n веществ зависит от частоты света (или от длины волны). Это явление называется дисперсией. Производную $dn/d\lambda$ (а также $dn/d\nu$) называют *дисперсией вещества*. Для прозрачных в оптическом диапазоне веществ $dn/d\lambda < 0$. Такая дисперсия называется нормальной. Если взять более широкий диапазон длин волн, то обнаруживается более сложная зависимость $n(\lambda)$. Тот участок спектра, для которого $dn/d\lambda > 0$, соответствует аномальной дисперсии. В области аномальной дисперсии коэффициент поглощения резко возрастает, так что вещество здесь непрозрачно.

В работе исследуется дисперсия света в стеклянной призме. Показатель преломления стекла, из которого изготовлена призма, можно определить по формуле

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

где ϕ – преломляющий угол призмы, δ – угол наименьшего отклонения лучей, прошедших через призму. Измерив ϕ и δ , можно вычислить значения n для видимого излучения различных длин волн и найти, таким образом, зависимость $n(\lambda)$.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ



Для измерения углов ϕ и δ применяют гониометр (см. описание работы 3.12). Параллельный пучок света, вышедший из коллиматора, собирается объективом зрительной трубы (установленной на бесконечность) в ее фокальной плоскости, образуя действительное изображение щели, которое рассматривается через окуляр. Если между коллиматором и зрительной трубой поставить призму, то для наблюдения изображения щели трубу необходимо будет повернуть относительно прежнего положения на некоторый угол. Его можно измерить по шкале лимба с помощью нониуса.

Источником света в установке служит ртутная лампа, спектр излучения которой в видимой области имеет существенно линейчатый характер, позволяющий работать с излучением нескольких определенных длин волн.

Значения длин волн излучения ртути в вакууме приведены в таблице 2 ниже.

ИЗМЕРЕНИЯ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Задание 1. Определение преломляющего угла призмы.

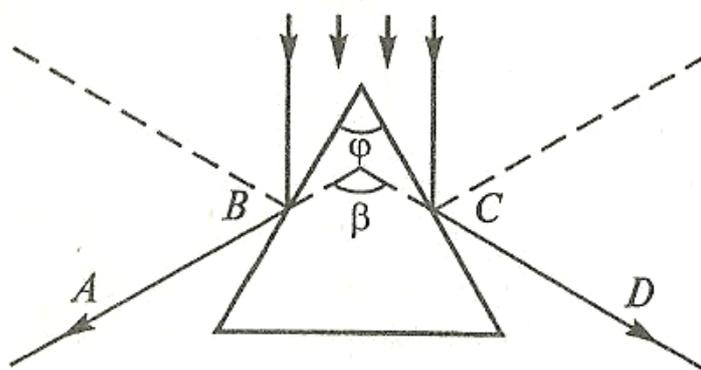


Рис. 3.22.1

Установите призму на столик гониометра так, чтобы биссектриса искомого угла ϕ совпала с осью коллиматора (рис. 3.22.1). В работе используется призма, в основании которой равносторонний треугольник. Не следует забывать, однако, что углы призмы не могут точно быть равными. Вследствие этого необходимо измерять и в дальнейшем работать с одним и тем же определенным преломляющим углом (удобно, если этот угол каким-либо образом отмечен).

Пучки, отраженные от двух граней призмы, образуют, как это видно на рисунке 3.22.1, угол β . Можно показать, что $\beta = 2\phi$. Угол β определяют, найдя разность отсчетов α_1 и α_2 , соответствующих двум положениям трубы, при которых видны изображения щели, образованные отраженными пучками BA и CD .

Результаты измерений α_1 , α_2 , β и ϕ запишите в таблицу 1.

Таблица 1

α_1 , градусы	α_2 , градусы	$\beta = \alpha_2 - \alpha_1 $, градусы	$\phi = \beta/2$, градусы

Задание 2. Определение углов минимального отклонения и показателей преломления для характерных длин волн спектра излучения ртутной лампы.

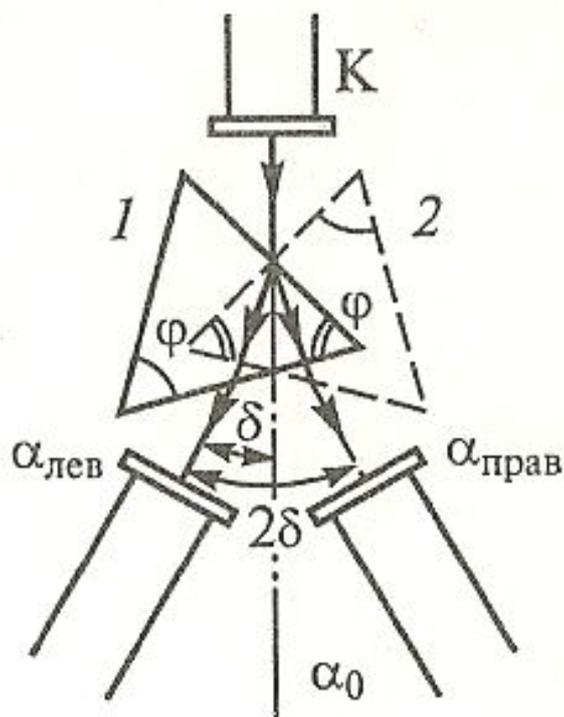


Рис. 3.22.2

Для определения угла минимального отклонения света той или иной частоты установите призму на столике гониометра так, чтобы преломляющим углом служил угол, определенный в задании 1 (см. рис. 3.22.2 – призма в положении 1). Поворачивая зрительную трубу, найдите ряд цветных изображений щели, соответствующих отдельным частотам спектра излучения ртути. Поворачивайте затем столик с призмой в таком направлении, чтобы изображения щели смещались в сторону неотклоненного пучка (к оси коллиматора).

Выбрав какое-либо изображение щели, продолжайте поворот столика, ведя зрительную трубу вслед за изображением. Вращение столика продолжайте до тех пор, пока изображение щели не остановится и при дальнейшем вращении столика в ту же сторону не начнет двигаться назад. Момент остановки изображения свидетельствует о достижении угла наименьшего отклонения призмой излучения данной частоты (угол δ на рис. 3.22.2).

После того как крест нитей трубы наведен точно на предельное положение данной линии спектра, сделайте соответствующий этому положению отсчет по шкале лимба $\alpha_{\text{лев}}$. Для вычисления угла δ достаточно взять отсчет α_0 (см. рис. 3.22.2), соответствующий неотклонен-

ному пучку, однако для повышения точности измерений рекомендуется повернуть столик с призмой в положение 2 и, вновь добившись наименьшего отклонения, отсчитать соответствующий угол $\alpha_{\text{прав}}$ для той же линии спектра. Как следует из рисунка 3.22.2, $\alpha_{\text{лев}} - \alpha_{\text{прав}} = 2\delta$.

Отметив значения $\alpha_{\text{лев}}$ для **пяти линий спектра** и соответствующие этим же линиям значения $\alpha_{\text{прав}}$, вычислите углы δ и, используя полученное при выполнении задания 1 значение преломляющего угла ϕ , найдите по формуле (1) значения показателя преломления n для пяти характерных длин волн спектра излучения ртути. Значения n вычисляйте с точностью до четвертого знака после запятой.

Результаты измерений и вычислений запишите в виде таблицы 2.

Таблица 2

№ п/п	Линии спектра ртути	Длина волны в вакууме (нм)	$\alpha_{\text{лев}}$	$\alpha_{\text{прав}}$	δ	n
1.	Желтая	579				
2.	Зеленая	546				
3.	Голубая	492				
4.	Синяя	436				
5.	Фиолетовая	405				

Задание 3. Построение дисперсионной кривой и вычисление средней дисперсии.

Используя полученные значения n , постройте дисперсионную кривую, то есть график зависимости $n = f(\lambda)$. Выбирайте масштаб так, чтобы график занял примерно четверть листа в тетради (отсчет значений n и λ на графике начинайте не с нуля). Найдите среднюю дисперсию $D_{\text{ср}}$ для данного сорта стекла: $D_{\text{ср}} = (n_{\text{ф}} - n_{\text{ж}})/(\lambda_{\text{ф}} - \lambda_{\text{ж}})$, где $n_{\text{ф}}$ и $n_{\text{ж}}$ – показатели преломления для фиолетовой и желтой линий спектра излучения ртути.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Каковы основные положения классической теории дисперсии?
2. Какую дисперсию вы наблюдали: нормальную или аномальную?
3. В каких случаях говорят об аномальной дисперсии?
4. Каким образом уменьшают хроматическую aberrацию оптических приборов?
5. Как согласовать изменение скорости света в среде с фактом постоянства скорости движения фотонов, всегда равной скорости света в вакууме?