
Отчёт по работе 4.4.3

Изучение призмы с помощью гониометра

Карташов Константин Б04-005

I Анотация

Цель работы: Знакомство с работой и настройкой гониометра Г5, определение зависимости показателя преломления стекла призмы от длины волны, определение марки стекла и спектральных характеристик призмы.

Оборудование:

- ▷ Гониометр
 - ▷ Ртутная лампа
 - ▷ Призма
-

II Теоретическая часть

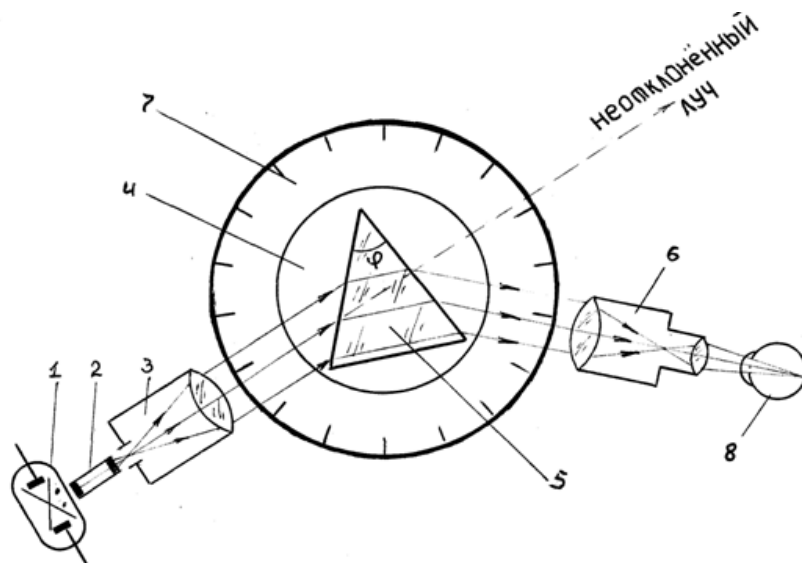


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из гониометра, призмы и ртутной лампы. Схема установки представлена на рис. 1. Гониометр состоит из: коллиматора (3), в который поступает свет с ртутной лампы (1), подвижного столика (4), на котором размещена призма (5) так, чтобы через неё проходил свет из коллиматора, и объектива (6), собирающий преломлённые лучи. Угол между осью коллиматора и осью объектива измеряется по лимбу (7).



Рис. 2: Спектр ртутной лампы

№	K1	K2	1	2	3	4	5	6
λ , нм	690.7	623.4	579.1	577.1	546.1	491.6	436.8	404.7
Цвет	красн.	красн.	желт.	желт.	зелен.	голуб.	синий	фиолет.

Таблица 1: Длины волн ярких линий спектра ртутной лампы

Спектр ртутной лампы состоит из нескольких полос. Мы проводим измерения на самых ярких из них (рис. 2 и табл. 1).

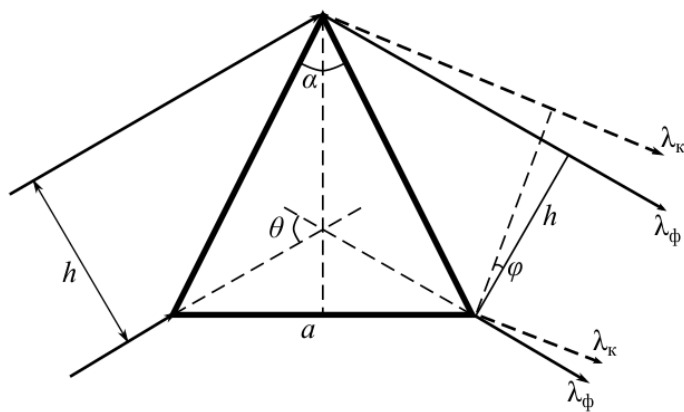


Рис. 3: Прохождения луча через призму

Дисперсия света в призме При прохождении через призму лучи света с разными длинами волн преломляются в разной степени. Наименьший угол преломления получается, когда луч света идёт параллельно основанию призмы. В этом случае коэффициент преломления для луча можно рассчитать по формуле:

$$n(\lambda) = \frac{\sin \frac{\alpha + \varphi(\lambda)}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (1)$$

Угловая дисперсия характеризует угловое расстояние между близкими спектральными линиями:

$$D(\lambda) = \frac{d\varphi}{d\lambda},$$

для призмы выполняется равенство:

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{a}{h} \frac{dn}{d\lambda}. \quad (2)$$

III Экспериментальная часть

Проведём юстировку гониометра и определим начало отсчёта. За начало отсчёта берётся значение гониометра, при котором оси окуляра и коллиматора совпадают, в этой работе было выставлено начало отсчёта $180^{\circ}1'0''$, далее все значения углов будут указаны с учётом начала отсчёта.

Установим на столик призму, и повторно выровняем столик. Затем найдём преломляющий угол призмы, для этого найдём углы, при которых в центре объектива виден крест отражённый от рабочих поверхностей призмы:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= 235^{\circ}51'11'', \\ \varphi_2 &= 118^{\circ}49'45'', \\ \Delta\varphi &= 117^{\circ}01'26'', \\ \alpha &= 180^{\circ} - \Delta\varphi = 62^{\circ}58'34'',\end{aligned}$$

где $\Delta\varphi$ – угол между перпендикулярами к рабочим поверхностям призмы, α – преломляющий угол призмы. Приборная погрешность измерений – одна секунда. При переводе в радианы получаем:

$$\alpha = 62^{\circ}58'34'' \pm 1'' = 1.099140 \pm 0.000005 \text{ рад.}$$

Далее величину α будем считать без погрешности, так как её погрешность значительно меньше угловой ширины наблюдаемых спектральных линий ($\sim 30''$).

Теперь повернём столик так, чтобы одна рабочая поверхность призмы была направлена к источнику света, с другой стороны призмы будет виден спектр. Для каждой спектральной линии найдём положение призмы, при котором угол между ней и осью коллиматора будет минимальным. Запишем угол наименьшего преломления для каждой из спектральных полос. Затем пользуясь формулой (1) найдём показатель преломления соответствующий каждой из полос. Все данные приведены в таблице (2).

Линия	φ	φ , рад	n
1	$51^{\circ}57'24''$	0.9068	1.6141
2	$51^{\circ}58'49''$	0.9072	1.6143
3	$52^{\circ}18'55''$	0.9131	1.6173
4	$53^{\circ}5'45''$	0.9267	1.6243
5	$54^{\circ}17'41''$	0.9476	1.6348
6	$55^{\circ}15'46''$	0.9645	1.6431
K1	$51^{\circ}6'59''$	0.8921	1.6065
K2	$51^{\circ}35'1''$	0.9003	1.6107

Таблица 2: Углы наименьшего преломления и показатели преломления

В качестве погрешности угла φ можно взять угловую полуширину ширины линии $\delta\varphi/2 = 15''$. Другим фактором является то, что во время работы несколько раз был

смещён коллиматор, после чего приходилось заново устанавливать начало отсчёта. При повторном измерении углов наименьшего преломления значения расходились в пределах $\Delta\varphi \approx 30''$ поэтому в качестве погрешности возьмём $\Delta\varphi = 30'' = 1.5 \cdot 10^{-4}$ рад.

Погрешность показателя преломления найдём из формулы (1):

$$dn(\lambda) = \frac{1}{2} \frac{\cos \frac{\alpha+\varphi(\lambda)}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} d\varphi(\lambda) = \{\varphi \approx 0.9, \alpha \approx 1.1\} = \frac{1}{2} \frac{\cos \frac{1.1+0.9}{2}}{\sin \frac{1.1}{2}} d\varphi(\lambda) \approx 0.5 d\varphi(\lambda),$$

получим $\Delta n \approx 1 \cdot 10^{-4}$.

По точками из таблицы 2 построим график зависимости показателя преломления от длины волны (рис. 4). Для полос 1-6 проведём наилучшую прямую методом наименьших квадратов, угол наклона будет $-(1.6 \pm 0.1) \cdot 10^{-4} \text{ нм}^{-1} = (1.6 \pm 1) \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$.

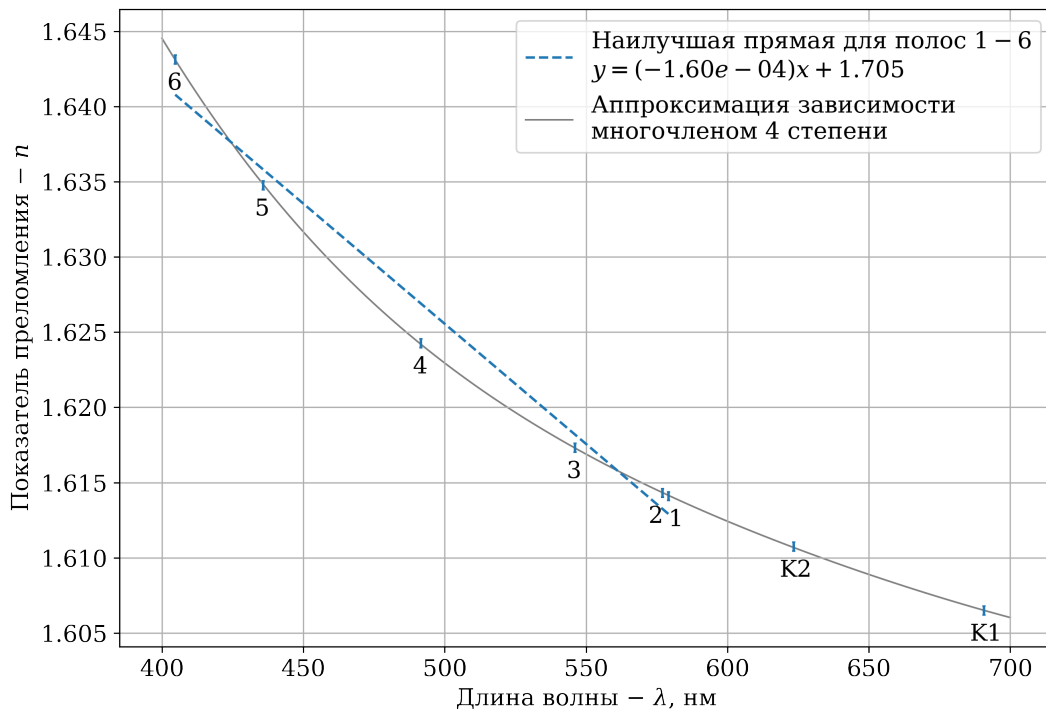


Рис. 4: Зависимость показателя преломления от длины волны

Угловое расстояние между линиями жёлтого дублета $\Delta\varphi = 2'10''$, а разность длин волны $\Delta\lambda = 2.1 \text{ нм}$. По формуле (2) получим:

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda} = \frac{a}{h} \frac{dn}{d\lambda} \Rightarrow \frac{a}{h} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta n} = \frac{6.3 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} \approx 3.$$

При геометрическом расчёте, считая угол преломления $\alpha = 60^\circ$ и коэффициент преломления $n = 1.614$ получаем $a/h \approx 1.47$.

Угловая дисперсия по формуле (2): $D = 3.1 \cdot 10^{-4} \text{ нм}^{-1}$. Максимально разрешимый спектральный интервал $\delta\lambda = \delta\varphi/D$, где $\delta\varphi$ – угловая полуширина спектральной линии, получаем $\delta\lambda = 15''/(3.1 \cdot 10^{-4}) \approx 0.24 \text{ нм}$.

Разрешающая способность оптического прибора $R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} \approx \frac{580}{0.24} = 2400$.

Максимальная разрешающая способность призмы: $R = a \left| \frac{dn}{d\lambda} \right| = 7.2 \cdot 1.6 \cdot 10^3 \approx 11500$.

IV Выводы

1. В ходе работы качественно пронаблюдали эффект дисперсии в призме.
 2. Нашли зависимость коэффициента преломления от длины волны. Получили зависимость похожую на теоретическую.
 3. По наклону кривой оценили среднюю дисперсию стекла. Получили $\frac{dn}{d\lambda} \approx -1.6 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$, что может лежать в пределах значения для стекла ТФ-1
 4. Рассчитав угловую дисперсию по наблюдаемой картинке $D = 7.9 \cdot 10^2 \text{ см}^{-1}$, нашли разрешающую способность $R \approx 2400$, что меньше теоретической максимальной разрешающей способности в 4 раза. Из этого можно сделать вывод, что в дифракции была задействована лишь малая часть призмы.
-