

# Определение сорта стекла и спектральных характеристик призмы с помощью гониометра

Маслов Артём

Казаков Данила

Б01-104

08.04.2023

## Аннотация

В работе с помощью гониометра определяется преломляющий угол призмы, измеряются углы наименьшего отклонения для нескольких спектральных линий ртути. По результатам измерений определяется сорт стекла и спектральные характеристики призмы.

## Теория

## Описание экспериментальной установки

## Оборудование

1. Гониометр.
2. Ртутная лампа.
3. Призма.
4. Стеклоплатинка плоскопараллельная пластинка, призмный уголкоый отражатель.

## Результаты измерений

В работе был измерен преломляющий угол призмы  $\Delta\alpha = 63^{\circ}8'35'' \pm 0^{\circ}0'1''$ .

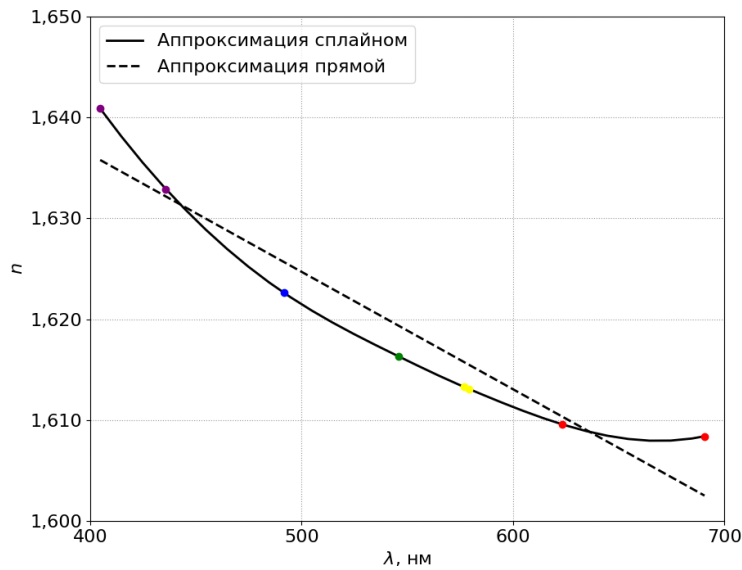
Результаты измерений углов наименьшего отклонения  $\phi$  и определённые по формуле (??) коэффициенты преломления для спектральных линий ртути представлены в таблице.

Цвет	фиолетовый	синий	голубой	зелёный	желтый	желтый	красный	красный
$\lambda$ , нм	404,7	435,8	491,6	546,1	577,0	579,1	623,4	690,7
$\varphi$	55°17'27"	54°21'39"	53°10'55"	52°27'57"	52°7'37"	52°6'22"	51°42'45"	51°34'53"
$n$	1,64090	1,63291	1,62263	1,61630	1,61328	1,61310	1,60958	1,60840

Погрешность  $n$  оценивалась по формуле  $\sigma_n = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial \alpha}\sigma_\alpha\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial \delta}\sigma_\delta\right)^2}$ .

Для всех значений  $n$  погрешность косвенных измерений примерно одинакова и равна  $\sigma_n = 10^{-5}$ .

Построим график дисперсионной кривой  $n(\lambda)$ .



Согласно ГОСТ-13659-78 средняя дисперсия определяется по формуле:

$$D = n_F - n_C$$

где  $n_F$  – показатель преломления стекла для длины волны голубой спектральной линии водорода  $F = 486,1$  нм,  $n_C$  – показатель преломления стекла для длины волны красной спектральной линии водорода  $C = 656,2$  нм.

Так как теоретическая формула для зависимости  $n(\lambda)$  не известна, для оценки средней дисперсии аппроксимируем зависимость сплайном.

$$n_F = 1,6234$$

$$n_C = 1,6081$$

$$D = n_F - n_C = 0,015.$$

Определим значение показателя преломления стекла для зелёной спектральной линии ртути  $e = 546,1$  нм и жёлтой спектральной линии натрия  $D = 589,3$  нм.

$$n_e = 1,6163$$

$$n_D = 1,6122.$$

$$\text{Число Аббе } \nu_D = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} = 39,9.$$

Определим тип стекла по ГОСТ-13659-78. Наилучшим образом характеристики исследуемого образца совпадают с материалом флинт Ф1:

$$n_e = 1,6169$$

$$n_D = 1,6128$$

$$D = n_F - n_C = 0,01659$$

$$\nu_D = 36,93$$

Определим угловую дисперсию призмы по измерениям координат спектральных линий жёлтой пары:

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} \approx \frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda} = (1,73 \pm 0,03) \cdot 10^{-4}.$$

Разность длин волн спектральных линий  $\Delta\lambda = 2,1$  нм. Погрешность угловой дисперсии оценим как  $\varepsilon_D = \varepsilon_{\Delta\varphi} = \frac{\sqrt{2}\sigma_\varphi}{\Delta\varphi}$ , где  $\sigma_\varphi = 1''$  – погрешность измерения угла.

Оценим максимальную разрешающую способность призмы в окрестности жёлтой пары спектральных линий. Разрешающая способность  $R = a|\frac{dn}{d\lambda}|$  максимальна, если модуль производной  $n(\lambda)$  максимален. Проведём прямую через две точки, соответствующие паре жёлтых спектральных линий, и по тангенсу угла наклона прямой оценим максимальное значение  $|\frac{dn}{d\lambda}|$ . Длина основания призмы  $a = 72 \pm 1$  мм.

Максимальная разрешающая способность  $R = (6,4 \pm 0,1) \cdot 10^3$ .

Погрешность оценим как  $\varepsilon_R = \varepsilon_a$ .

Оценим максимальную разрешающую способность спектрального прибора, состоящего из гониометра, призмы и глаза экспериментатора. Проведём измерения ширины одной спектральной линии из жёлтой пары:

$$\varphi_1 = 128^\circ 02' 44''$$

$$\varphi_2 = 128^\circ 03' 03''$$

Считаем угловую дисперсию в области жёлтой пары спектральных линий одинаковой, тогда

$$D = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda}$$

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda \frac{\delta\varphi}{\Delta\varphi}}$$

где  $\delta\varphi$  – угловая ширина жёлтой спектральной линии,  $\delta\lambda$  – разность длин волн, соответствующая ширине жёлтой спектральной линии.  $\Delta\varphi$  и  $\Delta\lambda$  – угловая ширина и разность длин волн для пары жёлтых спектральных линий.  $R = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^3$ .

Погрешность оценим как  $\varepsilon_R = \varepsilon_{\delta\lambda} = \sqrt{(\frac{\sqrt{2}\sigma_\varphi}{\delta\varphi})^2 + (\frac{\sqrt{2}\sigma_\varphi}{\Delta\varphi})^2}$ .

## Обсуждение результатов и выводы

В работе с помощью гониометра был измерен преломляющий угол призмы  $\Delta\alpha = 63^\circ 8' 35'' \pm 0^\circ 0' 1''$ .

Были определены основные спектральные параметры исследуемого материала и его тип –

		$n_e$	$n_D$	$n_F - n_C$	$\nu_D$
Ф1.	Исследуемый образец	1,6163	1,6122	0,015	39,9
	Ф1	1,6169	1,6128	0,01659	36,93

Была определена угловая дисперсия призмы в окрестности жёлтой спектральной линии ртути

$$D = (1,73 \pm 0,03) \cdot 10^{-4}.$$

Максимальная разрешающая способность призмы  $R_1 = (6,4 \pm 0,1) \cdot 10^3$ .

Разрешающая способность спектрального прибора, состоящего из гониометра, призмы и глаза экспериментатора,  $R_2 = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^3$  меньше  $R_1$  в примерно 6 раз, потому что система гониометр-призма изготовлены не идеально точно. Также на разрешающую способность влияет острота зрения экспериментатора.