

---

Московский Физико-Технический Институт  
(государственный университет)

Лабораторная работа по курсу общей физики № 4.4.1

---

# Амплитудная дифракционная решетка

---

**Автор:**

Лепарский Роман В01-003



Долгопрудный, 2021

## 1 Аннотация

**Цель работы:** знакомство с работой и настройкой гониометра Г5, определение спектральных характеристик амплитудной решетки.

**В работе используются:** гониометр, дифракционная решетка, ртутная лампа.

## 2 Теоретические сведения

Основное соотношение приближенной теории дифракционной решетки:

$$d \sin \varphi_m = m\lambda. \quad (1)$$

Угловая дисперсия  $D$  характеризует угловое расстояние между близкими спектральными линиями:

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos \varphi} = \frac{m}{\sqrt{d^2 - m^2 \lambda^2}}. \quad (2)$$

## 3 Экспериментальная установка

При работе с дифракционной решеткой основной задачей является точное измерение углов, при которых наблюдаются главные максимумы для различных длин волн. В нашей работе для измерения углов используется гониометр Г5. Принципиальная схема экспериментальной установки приведена на рис. ??.

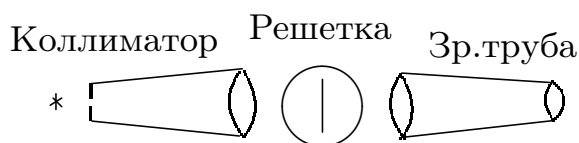


Рис. 1: Схема установки.

## 4 Обработка результатов

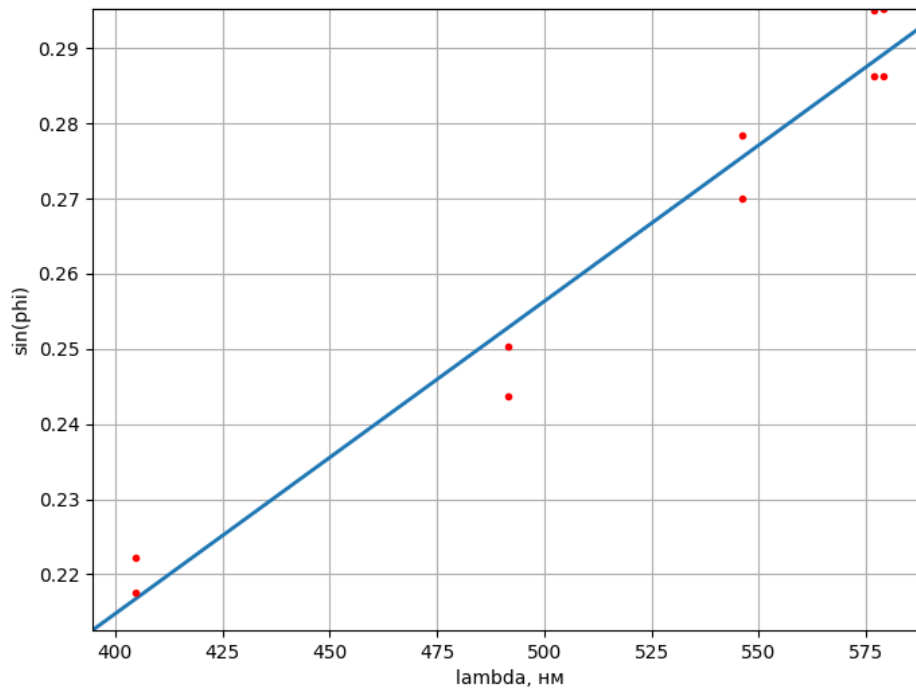
Запишем угловые координаты линий  $\pm 1$  порядка. Погрешность измерений составляет  $5''$  или  $2 \cdot 10^{-5}$  рад. Поскольку невозможно точно настроиться на центр полосы.

Цвет	$\lambda$ , нм	$\varphi_{+1}$ , рад	$\varphi_{-1}$ , рад	$\sin \varphi_{+1}$	$\sin \varphi_{-1}$
красный	-	0,31735	-0,30785	0,31205	-0,30301
красный	-	0,31444	-0,30495	0,30929	-0,30024
желтый	579,1	0,29971	-0,29037	0,29524	-0,28631
желтый	577,0	0,29957	-0,29029	0,29511	-0,28623
зеленый	546,1	0,28217	-0,27350	0,27844	-0,27010
голубой	491,6	0,25310	-0,24618	0,25041	-0,24370
фиолетовый	404,7	0,22399	-0,21922	0,22212	-0,21747

Погрешность синуса найдем следующим образом:

$$\sigma_{\sin} = \sqrt{\left( \frac{\partial \sin \varphi}{\partial \varphi} \cdot \sigma_{\varphi} \right)^2} = |\cos \varphi \cdot \sigma_{\varphi}| \approx 2 \cdot 10^{-5}$$

Для линий спектра с известной длиной волны построим график зависимости  $\sin \varphi$  от  $\lambda$ .



Коэффициент наклона  $k = (41 \pm 2) \cdot 10^{-5} \text{ нм}^{-1}$

$$d = \frac{1}{k} = 2,43 \pm 0,11 \text{ мкм}$$

$$\sigma_d = \frac{\sigma_k}{k^2}$$

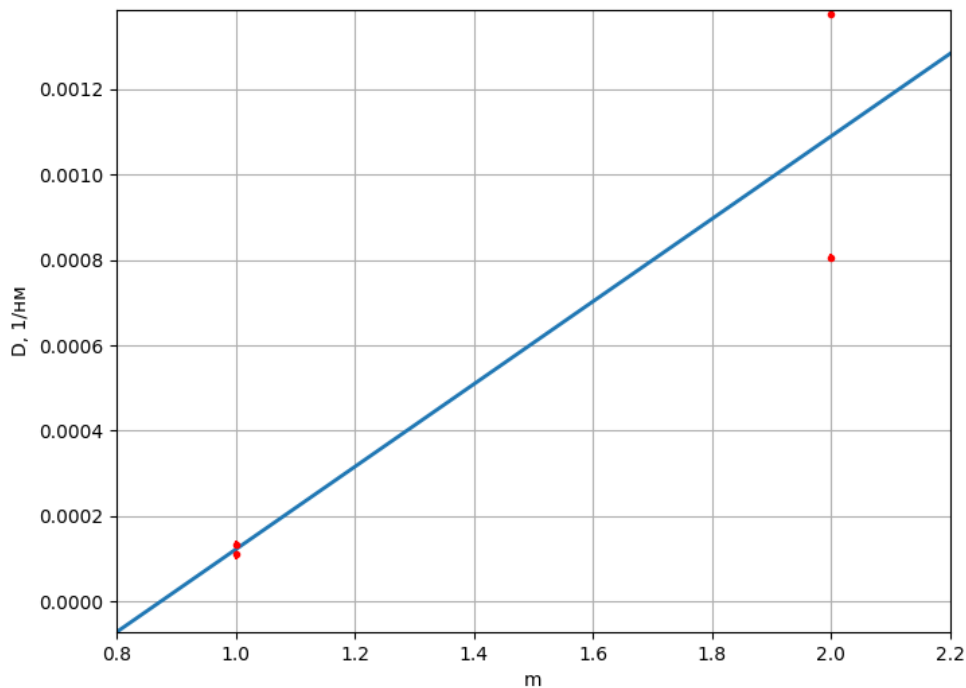
Значение шага, написанное на амплитудной решетке: 2 мкм.

Рассчитаем угловую дисперсию для спектров разного порядка. Для желтого дублета  $\delta\lambda = 2,1 \text{ нм}$ .

$m$	$\varphi_{+1}$ , рад	$\varphi_{-1}$ , рад	$\delta\varphi$ , рад	$D$ , 1/нм
-1	-0,29009	-0,29037	0,00028	0,00013
-2	-0,59780	-0,59949	0,00169	0,00080
+1	0,29957	0,29980	0,00023	0,00010
+2	0,64297	0,64586	0,00289	0,00137

$$\sigma_D = \frac{\sigma_{\delta\varphi}}{\delta\lambda} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ 1/нм}$$

График зависимости угловой дисперсии от порядка спектра



Формула (2) дает значения для 1 порядка  $D_1 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ 1/нм}$ , и для 2 порядка  $D_2 = 12 \cdot 10^{-4} \text{ 1/нм}$ . Полученные значения совпадают по порядку.

Оценим разрешимый спектральный интервал  $\delta\lambda$

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

$m$	$\varphi_{+1}$ , рад	$\varphi_{-1}$ , рад	$\delta\varphi$ , $10^{-5}$ рад	$\delta\lambda$ , нм
-1	-0,29037	-0,29038	1	0,075
-2	-0,59798	-0,59796	2	0,024
+1	0,30005	0,30004	1	0,091
+2	0,64619	0,64616	3	0,021

Усредняя получим

$$\delta\lambda = 0,05 \pm 0,03 \text{ нм}$$

Тогда, разрешающая способность

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = 11000 \pm 7000$$

Найдем число эффективно работающих штрихов  $N = R/m$

$m$	$N$ , $10^3$
1	$11 \pm 7$
2	$5 \pm 3$

Тогда эффективный размер решетки  $l = Nd$ :

$m$	$l$ , мм
1	$22 \pm 14$
2	$11 \pm 7$

Можно оценить, что желтая линия наложится на фиолетовую при  $m = 6$  для желтого и  $m = 8$  для фиолетового. Поскольку

$$0,29971 \cdot 6 - 0,22399 \cdot 8 = 0,00634$$

## 5 Вывод

В данной работе мы познакомились с устройством гониометра, а так же определили спектральные характеристики амплитудной решетки.