

**Санкт-Петербургский национальный исследовательский
институт информационных технологий, механики и
ОПТИКИ**

Факультет фотоники и оптоинформатики

ИТМО

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4.11

“Определение основных характеристик дифракционной решётки”

Группа: V3203

Студент: Срывкин Н.А., Ганиева И.И.

Преподаватель: Сидельников А.А.

К работе допущен: _____

Работа выполнена: _____

К отчёту допущен: _____

1. Цель работы

- Изучение характеристик дифракционной решетки

2. Задачи

- Экспериментальное определение угловой дисперсии решётки
- Экспериментальное определение разрешающей способности решётки

3. Объект исследования

- Дифракционная решётка

4. Метод исследования

- Спектроскопический

5. Рабочие формулы и исходные данные

- $\lambda_{\text{зел}} = 546.1 \text{ нм}$
- $\lambda_{\text{син}} = 435.8 \text{ нм}$

$$\varphi = \frac{N_2 - N_1}{2}, \quad (1)$$

где φ – угол дифракции, N_1, N_2 – средние измеренные значения углов для данной линии.

$$d \sin(\varphi) = m\lambda, \quad (2)$$

где d – период диф. решётки, m – порядок максимума.

$$n = \frac{1}{d}, \quad (3)$$

где n – число штрихов, нанесённых на 1 мм ширины решётки.

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda}, \quad (4)$$

D – угловая дифракция.

$$D = \frac{m}{d \cos(\varphi)}, \quad (5)$$

$$R = mN \quad (6)$$

R – разрешающая способность, N – полное количество штрихов

6. Схема установки

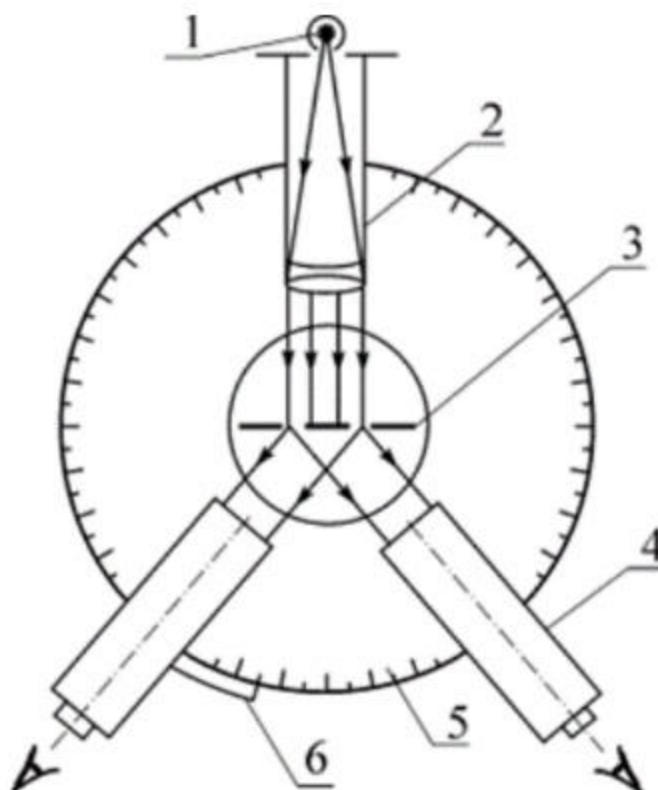


Figure 1: Схема экспериментальной установки. 1 – ртутная лампа, 2 – осветительный коллиматор, 3 – дифракционная решётка, 4 – зрительная труба, 5 – лимб гониометра, 6 – нониус

7. Результаты измерений и их обработки (таблицы, примеры расчётов):

	$\varphi_1, ^\circ$	$\varphi_2, ^\circ$	$\varphi_3, ^\circ$	$\varphi_{\text{ср}}, ^\circ$	m
$N_1^{\text{зел}}$	19.33	19.67	19.11	19.37	1
$N_1^{\text{син}}$	15.11	15.33	15.33	15.23	1
$N_2^{\text{зел}}$	341.67	341.00	341.33	341.33	1
$N_2^{\text{син}}$	346.00	346.00	346.11	347.04	1

- Ширина решётки $L = (48 \pm 1)$ мм

8. Расчёт результатов измерений (для прямых и косвенных измерений)

- Рассчитаем угол дифракции для каждой из рассматриваемых линий

$$\varphi_{\text{зел}} = \frac{N_2^{\text{зел}} - N_1^{\text{зел}}}{2} = 160.98^\circ, \quad (7)$$

$$\varphi_{\text{син}} = \frac{N_2^{\text{син}} - N_1^{\text{син}}}{2} = 165.89^\circ, \quad (8)$$

- По среднему значению измеренного угла, зная длину волны зелёной линии, рассчитаем период решётки

$$d = \frac{m\lambda_{\text{зел}}}{\sin(\varphi)} = \frac{1 \cdot 546.1}{\sin(161.17)} = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ мм}, \quad (9)$$

- Зная период решётки, рассчитаем число штрихов на 1 мм ширины решётки

$$n = \frac{1}{d} = 588 \frac{\text{шт}}{\text{мм}}, \quad (10)$$

- Рассчитаем угловую дисперсию решётки двумя способами

$$D = \frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda} = \frac{19.33 - 15.33}{(546.1 - 435.8) \cdot 10^{-9}} \approx 654564 \text{ м}^{-1}, \quad (11)$$

$$D = \frac{m}{d \cdot 10^{-9} \cdot \cos(\pi - \varphi)} = 631177 \text{ м}^{-1}, \quad (12)$$

- Зная число штрихов на 1 мм и ширину решётки $L = 48 \text{ мм}$, найдем полное число штрихов

$$N = L \cdot n = 26460 \text{ штрихов}, \quad (13)$$

- Рассчитаем разрешающую способность решётки в спектре рассматриваемого порядка

$$R = m \cdot N = 26460 \quad (14)$$

9. Расчёт погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений)

$$\sigma_{\widehat{N}_1} = \sqrt{\frac{\sum (N_1 i - \widehat{N}_1)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0.0016 + 0.09 + 0.0676}{6}} \approx 0.163, \quad (15)$$

$$\sigma_{\widehat{N}_2} = \sqrt{\frac{\sum (N_2 i - \widehat{N}_2)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0.1156 + 0.1089 + 0}{6}} \approx 0.193, \quad (16)$$

- Коэффициент Стьюдента для $n = 3$ измерений и доверительной вероятности $\alpha = 0.95$: $t_{\alpha,n} = 4.30$.
- Погрешность разности:

$$\Delta(\widehat{N}_2 - \widehat{N}_1) = t_{0.95;3} \cdot \sqrt{\sigma_{\widehat{N}_2}^2 - \sigma_{\widehat{N}_1}^2} = 4.30 \cdot \sqrt{0.037 - 0.026} = 4.30 \cdot 0.1 \approx 0.43, \quad (17)$$

- Погрешность угла:

$$\Delta(\varphi) = \frac{\Delta(\widehat{N}_2 - \widehat{N}_1)}{2} = \frac{0.43}{2} \approx 0.215^\circ, \quad (18)$$

- Окончательный результат:

$$\varphi = (160.98 \pm 0.22)^\circ, \quad (19)$$

- С помощью частных производных найдем погрешность периода решётки:

$$\Delta(d) = \frac{m\lambda \cos(\varphi)}{\sin(\varphi)^2} \Delta(\varphi) = \frac{1 \cdot 546.1 \cdot 0.96}{0.076^2} \approx 25.97 \text{ нм}, \quad (20)$$

10. Окончательные результаты

$$d = (1700 \pm 26) \text{ нм} \quad (21)$$

$$\varepsilon_d = \frac{\Delta d}{d} \cdot 100\% = \frac{26}{1700} \cdot 100\% \approx 1.53\% \quad (22)$$

11. Выводы и анализ результатов работы

- В ходе лабораторной работы были исследованы основные характеристики дифракционной решётки. По результатам экспериментальных данных определён период решётки $d = (1700 \pm 26)$ нм и количество штрихов на 1 мм n . Угловая дисперсия D рассчитана двумя независимыми способами: через определение и через параметры решётки. Согласованность полученных значений подтверждает корректность выполненных расчётов. Также определены общее число штрихов решётки и её разрешающая способность для заданного порядка спектра. На основе выведенной формулы оценены абсолютная и относительная погрешности определения периода решётки.