

Образец титульного листа

Полное название университета

.....
.....

Название кафедры

.....

Лабораторная работа № 5.2

**Изучение дифракции света
на одиночной щели и дифракционной решетке**

Номер установки 5

Выполнил: обучающийся
группы
Фамилия И.О. студента

Проверил:
(преподаватель или доцент)
кафедры
Фамилия И.О. преподавателя

Самара 2021

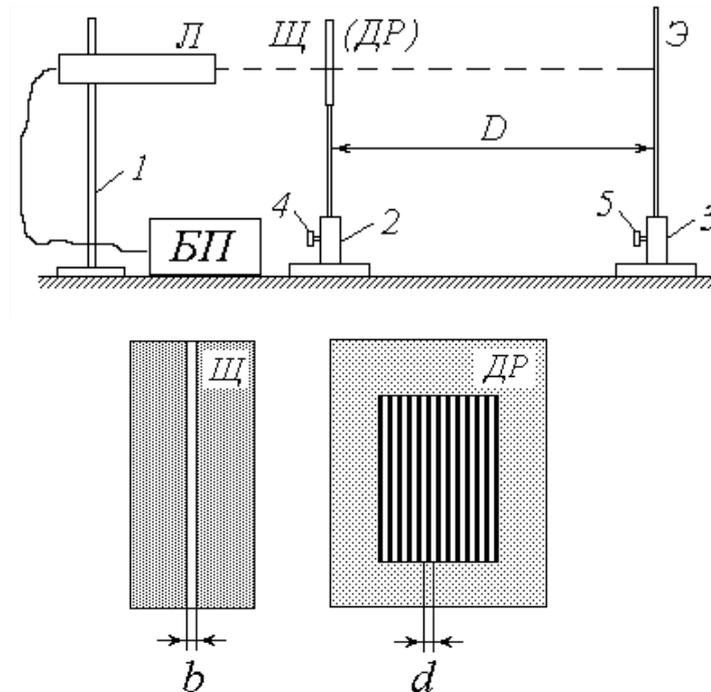
Лабораторная работа № 5.2

Изучение дифракции света на одиночной щели и дифракционной решетке

Цель работы

- 1) наблюдение картины дифракции Фраунгофера от одиночной щели и дифракционной решетки в монохроматическом свете;
- 2) экспериментальное определение ширины щели и периода дифракционной решетки

Схема экспериментальной установки



- $1, 2, 3$ – штативы; $4, 5$ – регулировочные винты; $Л$ – газовый лазер;
 $БП$ – блок питания лазера; $Щ$ – пластинка со щелью;
 $ДР$ – дифракционная решетка; $Э$ – экран

Измерения и обработка результатов

Упражнение 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ЩЕЛИ

1. Знакомимся с приборами на рабочем столе.

2. Подключаем к сети блок питания *БП* лазера. С помощью тумблера на панели *БП* включаем лазер. В виртуальной лабораторной работе нужно нажать на кнопку «Сеть» .

3. Записываем в тетрадь значение длины волны лазерного излучения $\lambda = 0,633$ мкм.

4. Убеждаемся, что лазерный луч направлен на щель. В виртуальной лабораторной работе нужно нажать на кнопку «Пластинка со щелью - Установить».

5. Убеждаемся, что экран Э установлен так, что на нем наблюдается четкая дифракционная картина.

6. Кнопками со стрелками «вправо» и «влево» устанавливаем экран в некоторое положение. При этом в окне программы высвечивается значение расстояния D от щели до экрана.

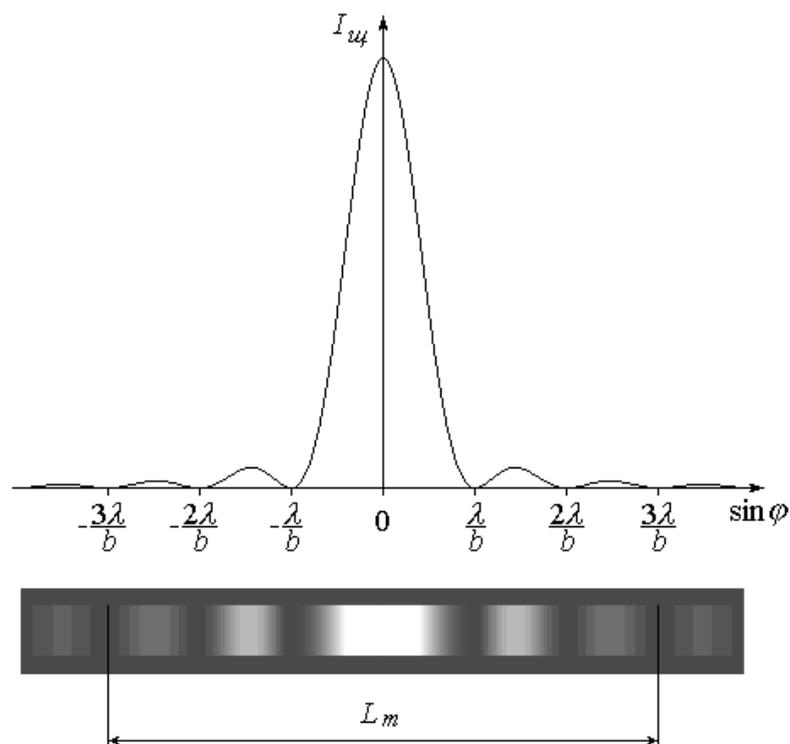
7. Записываем значение D в табл. 1, выразив его в миллиметрах.

Таблица 1

Длина волны $\lambda = 0,633$ мкм.

Номер опыта	$D, мм$	m	$L_m, мм$	$x_m, мм$	$b, мкм$	$\Delta b_i = b_i - \bar{b}$ $\Delta b, мкм$	$(\Delta b_i)^2 = (b_i - \bar{b})^2$ $мм^2$
1	450	2	12	6	95.0	1.06	1.12
2	640	3	26	13	93.5	-0.44	0.19
3	790	2	21	10.5	95.3	1.36	1.85
4	920	3	38	19	92.0	-1.94	3.76
5	1150	2	31	15.5	93.9	-0.04	0.0016
					$\bar{b} = 93.9$		$\sum_i (\Delta b_i)^2 = 6.92$

8. Отсчитываем слева и справа от центра картины одинаковое число m минимумов; измеряем линейкой расстояние между ними L_m . Значения m и L_m (в мм) заносим в таблицу.



На рисунке выше $m=3$ и L_m измеряется *между центрами* темных полос, соответствующих минимумам.

9. Изменяя расстояние D между щелью и экраном в пределах от 500 мм до 1200 мм, повторяем пп. 6-8 еще 4 раза (так, чтобы общее число опытов n было равно $n = 5$).

10. Для каждого опыта с помощью формулы

$$x_m = \frac{L_m}{2}$$

находи координату m -го минимума x_m . По формуле

$$b = \frac{m\lambda D}{x_m}$$

рассчитываем ширину щели b ; последнюю выражаем в *мкм*. Значения x_m и b заносим в таблицу.

11. Вычисляем сумму найденных значений ширины щели и определите ее среднее значение \bar{b} :

$$\bar{b} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 b_i = \frac{95.0 + 93.5 + 95.3 + 92.0 + 93.9}{5} \approx 93.9 \text{ мкм}$$

12. Выполняем все расчеты, необходимые для оценки случайной погрешности измерения ширины щели $\Delta_s b$. Для простоты расчета мы будем применять оценку величины $\Delta_s b$, используя формулы оценки погрешности прямого измерения.

Зададим доверительную вероятность $\alpha = 0,95$.

Сначала находим среднюю квадратичную погрешность

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (\Delta b_i)^2}{n \cdot (n-1)}}$$

Считаем

$$\sum_i (\Delta b_i)^2 = 1.12 + 0.19 + 1.85 + 3.76 + 0.0016 \approx 6.92 \text{ мкм}^2$$

Тогда средняя квадратичная погрешность равна

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (b_i - \bar{b})^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{6.92}{5 \cdot (5-1)}} \approx 0.589 \text{ мкм}$$

Коэффициент Стьюдента при $n=5$ измерений есть при доверительной вероятности $\alpha = 0.95$ равен

$$t_{n,\alpha} = 2.78$$

Величина случайной погрешности есть

$$\Delta_s b = t_{n,\alpha} \cdot \sigma_b = 2.78 \cdot 0.589 \approx 1.64 \text{ мкм}$$

13. Оцениваем абсолютные приборные ошибки прямых измерений δD и δL_m , а также относительные ошибки E_D и E_L .

Приборные погрешности прямых измерений есть:

$$\delta L = 0.5 \text{ мм}$$

$$\delta D = 0.5 \text{ мм}$$

Относительные погрешности

$$E_L = \frac{\delta L}{\min(L_m)} = \frac{0.5}{15} = 0.033$$

$$E_D = \frac{\delta D}{\min(D)} = \frac{0.5}{450} = 0.0011$$

Находим абсолютную приборную погрешность косвенного измерения δb , воспользовавшись формулой:

$$\delta b = \bar{b} \cdot \sqrt{E_D^2 + E_L^2}.$$

$$\delta b = 93.9 \cdot \sqrt{0.0011^2 + 0.033^2} \text{ мкм} = 3.10 \text{ мкм}$$

14. Оцениваем полуширину доверительного интервала Δb и записываем ответ

$$\Delta b = \sqrt{\Delta_s b^2 + \delta b^2} = \sqrt{1.64^2 + 3.1^2} \approx 3.5 \text{ мкм}$$

Ответ: $b = \bar{b} \pm \Delta b = 93.9 \pm 3.5 \text{ мкм}$.

Упражнение 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

1. Заменяем штатив 2 со щелью *Щ* на штатив с дифракционной решеткой *ДР*.

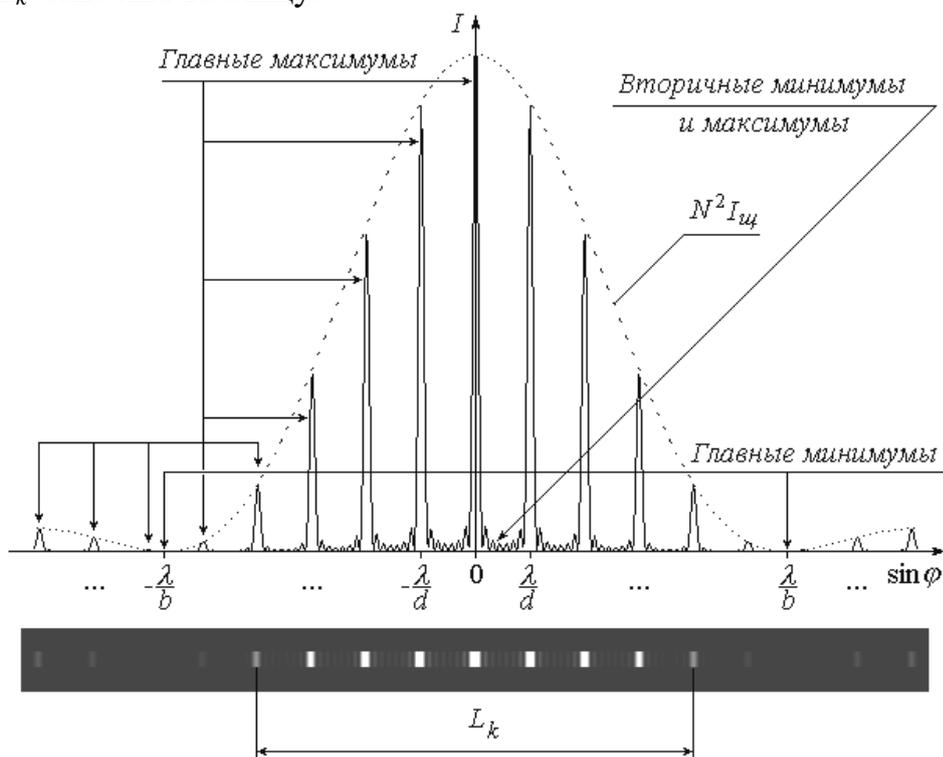
2. С помощью регулировочного винта 4 направляем лазерный луч на дифракционную решетку.

3. Устанавливаем экран Э так, чтобы на нем наблюдалась картина дифракции. Измеряем и записываем в таблицу 2 расстояние *D* от решетки до экрана.

Таблица 2

Номер опыта	<i>D</i> , мм	<i>k</i>	<i>L_k</i> , мм	<i>x_k</i> , мм	<i>d</i> , мм
1	400	5	128	64	0.0198
2	470	4	120	60	0.0198
3	580	5	181	90.5	0.0203
4	690	3	133	66.5	0.0197
5	805	3	154	77	0.0199
					$\bar{d} = 0.0199$

4. Отсчитываем от центра картины (среднего из трех наиболее ярких максимумов) влево и вправо по одинаковому количеству *k* главных максимумов (не считая центрального!); измеряем расстояние между ними *L_k*. Значения *k* и *L_k* заносим в таблицу.



На рисунке выше $L_k=4$. Подчеркнем, что расстояние измеряется между **центрами светлых полос**, соответствующих максимумам.

5. Повторяем пп. 3 и 4, изменяя расстояние D от решетки до экрана так, чтобы общее число опытов равно $n=5$.

6. Для каждого опыта по формулам $x_k = \frac{L_k}{2}$ и $d = \frac{k\lambda D}{x_k}$ рассчитываем координату k -го максимума x_k и период дифракционной решетки d . Результаты расчетов заносим в таблицу 2.

7. Оцениваем среднее из измеренных значений \bar{d} и записываем его в таблицу:

$$\bar{d} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 d_i = \frac{0.0198 + 0.0198 + 0.0203 + 0.0197 + 0.0199}{5} \approx 0.0199 \text{ мм}$$

Оценку погрешности измерений не производим.