

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **Лабораторная работа № 69 Изучение дифракции света на двумерной дифракционной решётке**

1. Цель работы.....	4
2. Теоретическая часть .....	4
3. Экспериментальная часть.....	9
3.1. Приборы и принадлежности.....	9
3.2. Описание установки.....	9
3.3. Требования по технике безопасности.....	10
3.4. Порядок выполнения работы .....	10
4. Требования к отчёту .....	12
5. Контрольные вопросы .....	12
Список литературы.....	12

# Лабораторная работа № 69

## Изучение дифракции света

### на двумерной дифракционной решётке

#### 1. Цель работы

1.1. Ознакомление с дифракцией света на двумерной дифракционной решётке и теорией расчёта её дифракционной картины.

1.2. Экспериментальное определение параметров двумерной дифракционной решётки.

#### 2. Теоретическая часть

Теория одномерной дифракционной решётки достаточно подробно рассматривается в курсе общей физики. Положение главных максимумов в дифракционной картине такой решётки в случае нормального падения лучей определяется выражением

$$d \sin \varphi = \pm n \lambda \quad (2.1)$$

где  $d$  – постоянная решётки,  $\varphi$  – угол дифракции, отсчитываемый от нормали к поверхности решётки,  $\lambda$  – длина световой волны,  $n$  – целое число, определяющее порядок дифракционного максимума ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ).

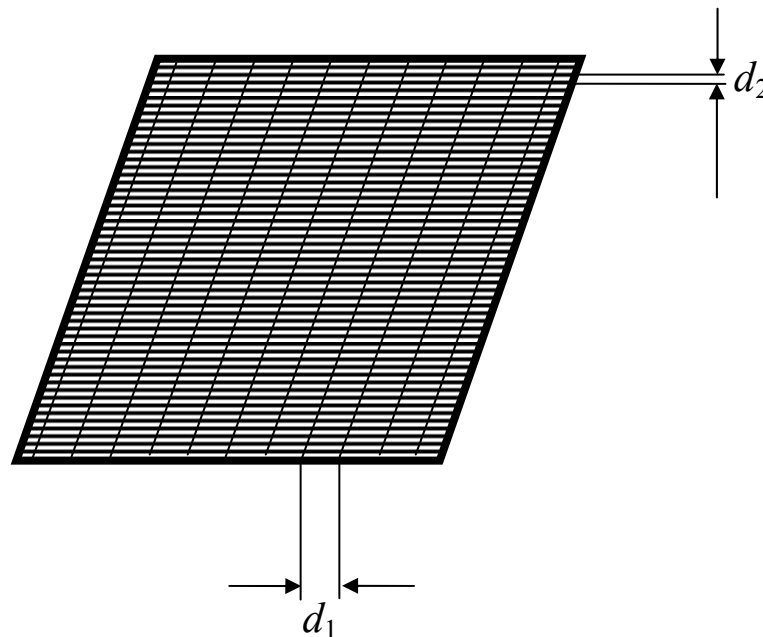


Рис. 2.1. Двумерная дифракционная решётка

В простейшем случае двумерной дифракционной решёткой являются две совмещённые одномерные решётки с периодами  $d_1$  и  $d_2$ , (рис. 2.1) штрихи которых взаимно перпендикулярны (условие взаимной перпендикулярности в общем случае не является обязательным для двумерных решёток). Дифракцию на такой решётке можно рассматривать как последовательную дифракцию лучей на двух расположенных одна за другой одномерных решётках. Узкий пучок монохроматического света, пройдя через первую решётку с горизонтальными штрихами, даёт совокупность максимумов вдоль вертикальной линии (рис. 2.2). Световой пучок, соответствующий каждому максимуму, проходя через вторую решётку с вертикальными штрихами, даёт совокупность максимумов вдоль горизонтальной линии.

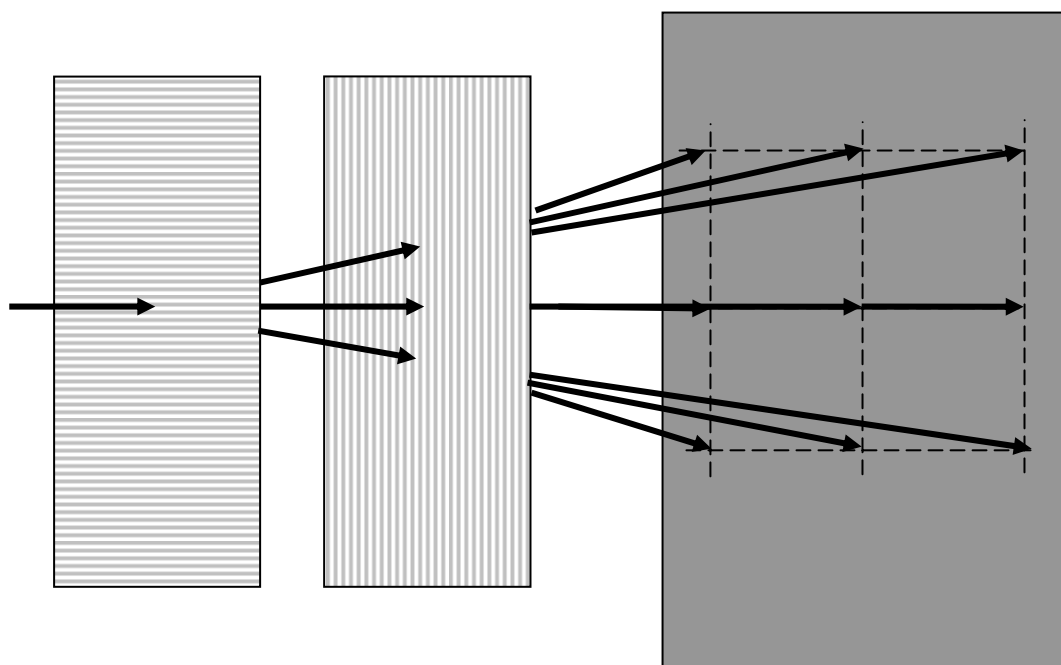


Рис. 2.2

В результате этого на экране наблюдается картина, показанная на рис. 2.3. На этом рисунке в скобках около некоторых максимумов указаны порядки спектра (значение  $n$  в формуле (2.1)), причём первый индекс соответствует дифракционному порядку для решётки с вертикальными штрихами (вторая подрешётка на рис. 2.2), а второй – для подрешётки с горизонтальными штрихами (первая подрешётка на рис. 2.2).

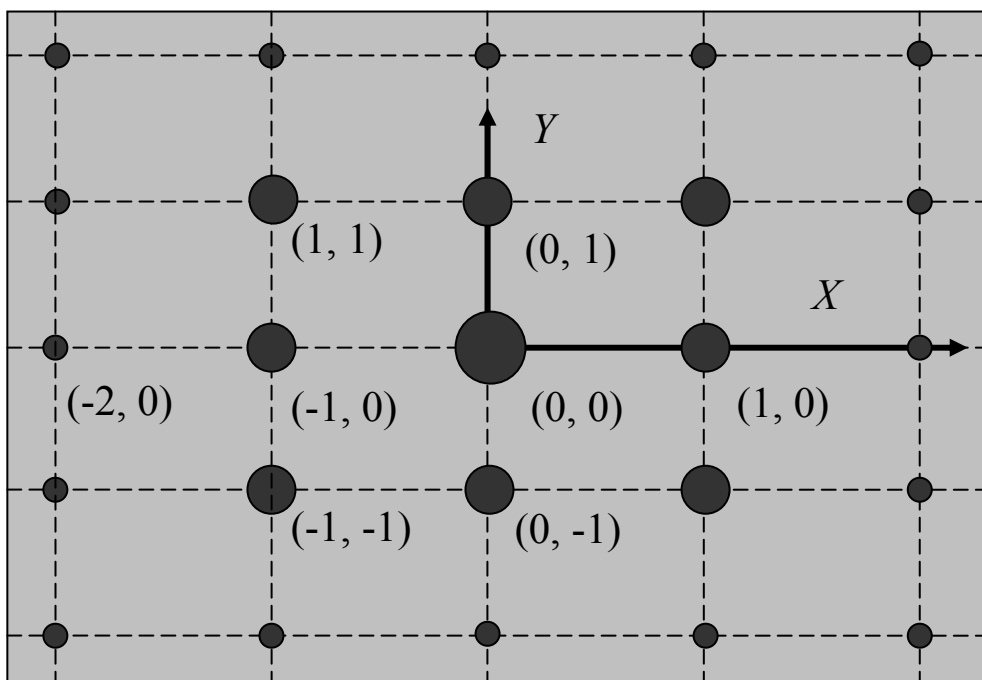


Рис. 2.3

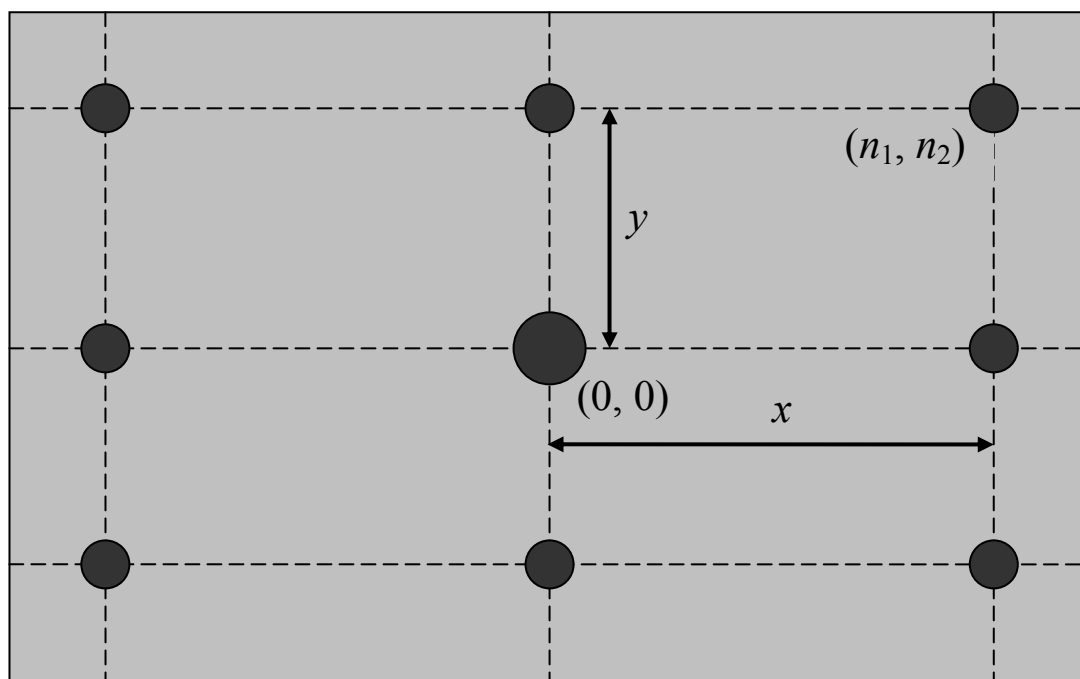


Рис. 2.4

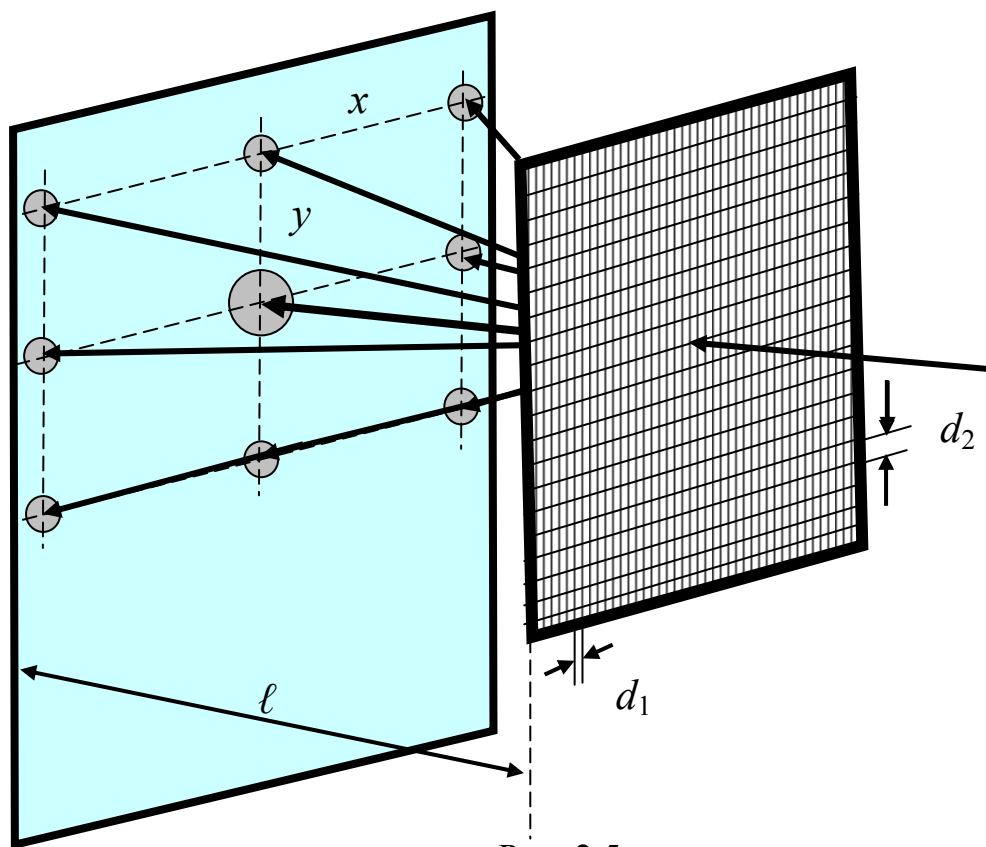


Рис. 2.5

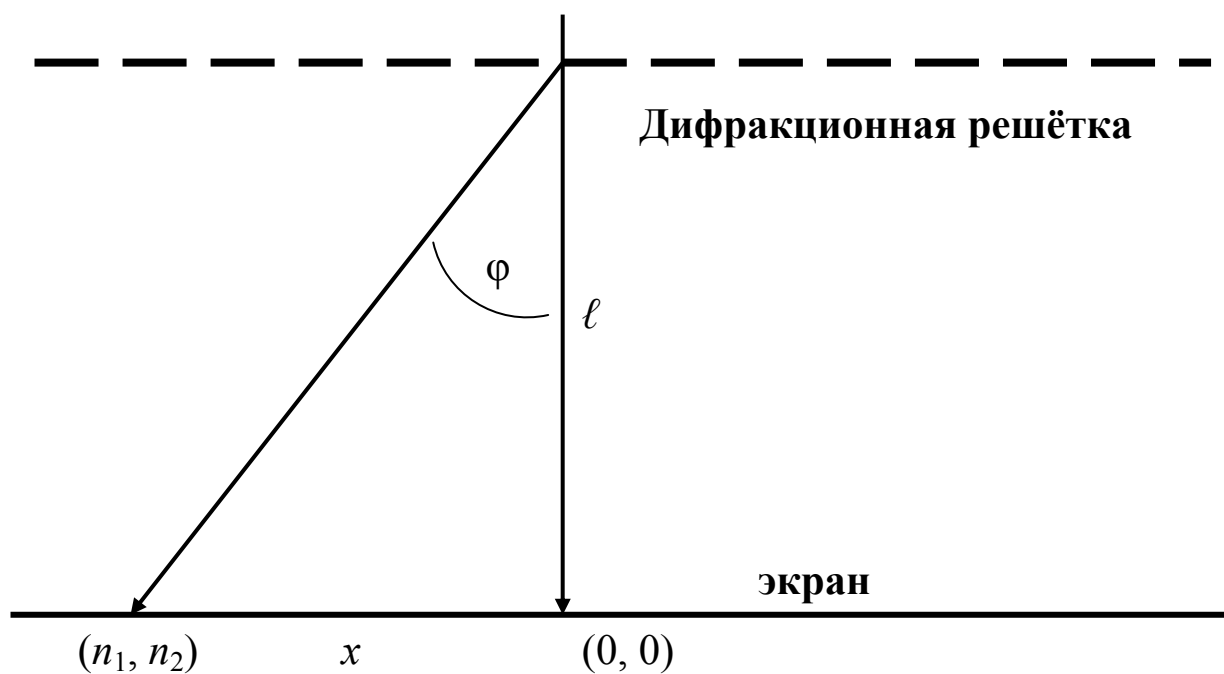


Рис. 2.6

Из рис. 2.3 видно, что дифракционная картина представляет собой ряд упорядоченно расположенных максимумов, интенсивность

которых убывает по мере удаления от центра картины (от максимума (0, 0)). Нетрудно вычислить положение этих максимумов, рассматривая их как результат последовательной дифракции на решётках 1 и 2 (эти решётки совмещены). Пусть свет падает на такую решётку нормально (рис. 2.6). Для первой решётки условие главных максимумов будет

$$d_1 \sin \varphi_1 = n_1 \lambda. \quad (2.1)$$

Для второй решётки

$$d_2 \sin \varphi_2 = n_2 \lambda. \quad (2.2)$$

Из рис. 2.5 и 2.6 видно, что

$$\sin \varphi_1 = \frac{x}{\sqrt{x^2 + \ell^2}}. \quad (2.3)$$

Учитывая, что

$$\sin \varphi_1 = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_1}} \quad (2.4)$$

и  $\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{x}{\ell}$  (это видно из рис. 2.6), подставив это выражение в (2.4) и, далее, в (2.1) окончательно получаем

$$d_1 \frac{x}{\sqrt{x^2 + \ell^2}} = n_1 \lambda. \quad (2.5)$$

Откуда

$$d_1 = \frac{n_1 \lambda \sqrt{x^2 + \ell^2}}{x}. \quad (2.6)$$

Аналогично можно получить выражение и для  $d_2$ , только в этом случае необходимо вместо  $x$  взять  $y$  (рис. 2.4)

$$d_2 = \frac{n_2 \lambda \sqrt{y^2 + \ell^2}}{y}. \quad (2.7)$$

Измеряя экспериментально значения  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $\ell$  можно теперь рассчитать по формулам (2.6) и (2.7) значения  $d_1$  и  $d_2$ .

На практике обычно по дифракционной картине рассчитывают постоянные многомерных (обычно трёхмерных) дифракционных решёток. Дифракционная картина получается в этом случае достаточно сложной и рассчитать её значительно труднее. Так, например, дифракция рентгеновских лучей позволяет исследовать

кристаллы и по дифракционной картине определить расстояния между узлами кристаллических решёток в твёрдых кристаллических телах. Кристалл представляет собой трёхмерную дифракционную решётку. Расстояние между узлами кристаллической решётки в твёрдых телах составляет величину порядка долей нанометра, что намного меньше длины волны видимого света ( $\lambda = 400 \div 760$  нм), а, поскольку, наблюдать дифракционную картину можно когда постоянная дифракционной решётки  $d$  соизмерима с длиной волны падающего излучения, то исследовать кристаллические решётки можно с помощью дифракции рентгеновских лучей (дифракцию на кристаллических решётках можно наблюдать в рентгеновском диапазоне длин волн).

### **3. Экспериментальная часть**

#### **3.1. Приборы и принадлежности**

- 1) оптический квантовый генератор с блоком питания;
- 2) оптическая скамья с экраном для наблюдения;
- 3) мелкая сетка в держателе, используемая как двумерная дифракционная решётка.

#### **3.2. Описание установки**

Экспериментальная установка показана на рис. 2.7. Её основой является оптическая скамья со шкалой, на одном конце которой установлен в специальном держателе оптический квантовый генератор (лазер), служащий источником монохроматического излучения. На противоположном конце скамьи установлен экран с делениями, на котором наблюдается дифракционная картина. Между экраном и лазером на скамью устанавливается в держателе мелкая сетка, служащая двумерной дифракционной решёткой. В данной работе используется газовый He-Ne лазер с выходной мощностью  $\sim 1$  мВт и длиной волны излучения  $\lambda = 632,8$  нм.

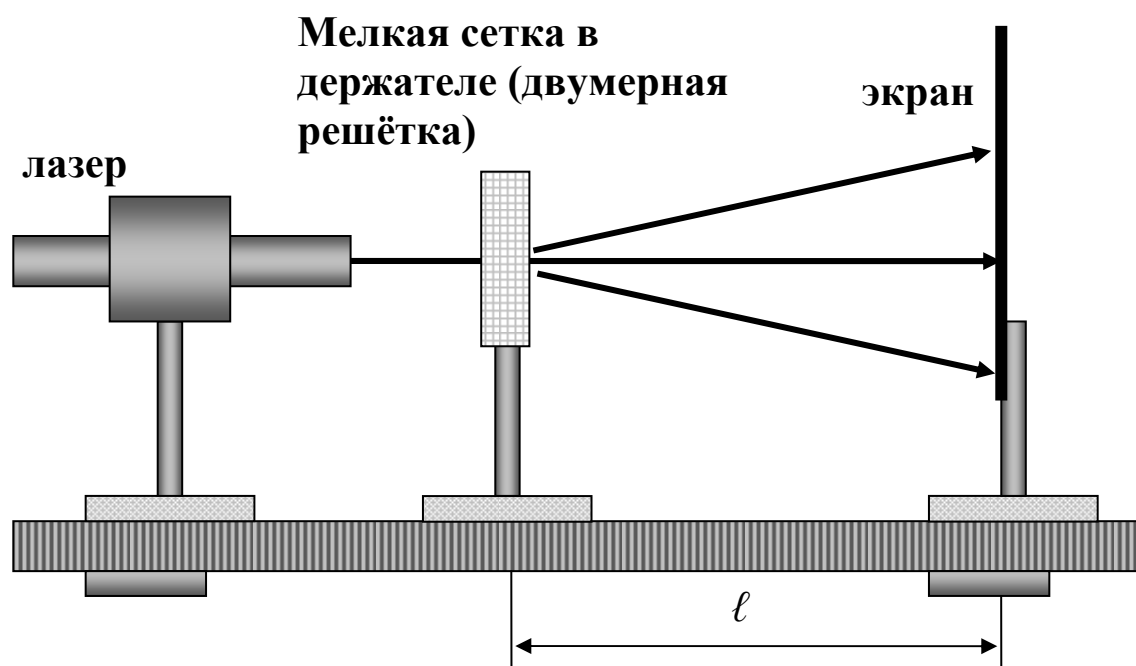


Рис. 2.7

### 3.3. Требования по технике безопасности

При выполнении работы необходимо:

- 1) внимательно ознакомиться с заданием и оборудованием;
- 2) проверить заземление лабораторной установки и изоляцию токоведущих проводов, о замеченных неисправностях немедленно сообщить преподавателю;
- 3) не направлять луч лазера в глаза;
- 4) не загромождать рабочее место посторонними предметами;
- 5) по окончании работы выключить установку, отсоединить токоведущие провода от сети и привести в порядок рабочее место.

### 3.4. Порядок выполнения работы

- 1) Установить на оптическую скамью перпендикулярно лазерному лучу держатель с мелкой сеткой;
- 2) получить на экране отчётливую дифракционную картину в виде упорядоченно расположенных пятен и измерить расстояние от сетки до экрана ( $\ell$ );
- 3) положив на экран листок клетчатой бумаги, отметить на нём положение максимумов, выделив центральный максимум (0, 0) и указать горизонтальное и вертикальное направления, а также указать примерный диаметр пятен;



4) указать около каждого максимума его индексы ( $n_x$ ,  $n_y$ ) в соответствии с рис. 2.3;

5) измерить на листе расстояния  $x$  и  $y$  в соответствии с рис. 2.4 и 2.5;

6) вычислить  $d_1 \sim d_x$  и  $d_2 \sim d_y$  для четырёх – пяти точек в соответствии с (2.6), (2.7). Данные занести в таблицы 3.1 ÷ 3.3;

7) оценить погрешности определения  $d_1$  и  $d_2$ . Абсолютные погрешности величин:  $\Delta\lambda = 0,05$  нм,  $\Delta\ell \approx 5$  мм,  $\Delta x$  и  $\Delta y$  взять равными половине диаметра пятна (соответствующего дифракционного максимума).

Таблица 3.1

### Главные максимумы вдоль оси $X$

$n_y \sim n_2$	$x$	$\ell$	$d_y \sim d_2$	$d_y$ средн.
1				
-1				
2				
-2				
3				
-3				

Таблица 3.2

### Главные максимумы вдоль оси $Y$

$n_x \sim n_1$	$y$	$\ell$	$d_x \sim d_1$	$d_x$ средн.
1				
-1				
2				
-2				
3				
-3				

Таблица 3.3

### Главные максимумы, расположенные вне осей $X$ и $Y$

$n_y \sim n_2$	$n_x \sim n_1$	$x$	$y$	$\ell$	$d_x \sim d_1$	$d_y \sim d_2$	$d_x$ средн.	$d_y$ средн.

#### **4. Требования к отчёту**

Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

- 1) Номер, название и цель работы;
- 2) основные положения теории метода и расчётные формулы;
- 3) схему установки;
- 4) результаты измерений и расчётов;
- 5) выводы по итогам работы.

#### **5. Контрольные вопросы**

1. В чём заключается явление дифракции света?
2. Объясните дифракцию света на основе принципа Гюйгенса-Френеля.
3. Объясните качественно вид дифракционной картины, даваемой двумерной дифракционной решёткой.
4. Выведите условие главных максимумов для одномерной и двумерной дифракционной решётки.

#### **Список литературы**

1. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. т. IV. Оптика. – М.: Физматлит, 2005.
2. *Детлаф А.А., Яворский Б.М.* Курс физики. – М.: Высшая школа. 2000.
3. *Ландсберг Г.С.* Оптика. – К.: Наука, 1976.
4. *Савельев И.В.* Курс физики. Книга 4. Волны. Оптика. – М.: Физматлит. 1998.