

## Лабораторная работа № 5.5 ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

**Цель работы:** измерить длину световой волны с помощью дифракционной решетки.

**Принадлежности:** дифракционная решетка 1/100, светофильтры, оптическая скамья, шкала со щелью, линейка, источник света.

### КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа очень узких параллельных щелей, разделенных непрозрачными промежутками. Общая ширина щели и непрозрачного промежутка называется периодом решетки. Например, если на дифракционной решетке имеется 100 штрихов на 1 мм, то период, или постоянная дифракционной решетки  $d = 0,01$  мм.

На рис. 1 представлена схема хода лучей через решетку. Лучи, проходящие через решетку перпендикулярно ее плоскости, попадают в зрачок наблюдателя и образуют на сетчатке глаза обычное изображение источника света. Лучи, огибающие края щелей решетки (в соответствии с принципом Гюйгенса, каждую точку среды, до которой дошел волновой фронт, можно рассматривать как новый источник сферических волн) имеют некоторую разность хода, зависящую от угла  $\varphi$ . Если эта разность пропорциональна  $k\lambda$ , где  $k$  - целое число, то каждая такая пара лучей образует на сетчатке изображение источника, цвет которого определяется соответствующей длиной волны  $\lambda$ .

Смотря сквозь решетку на источник света, наблюдатель, кроме этого источника, видит расположенные симметрично по обе стороны от него дифракционные спектры. Ближайшая пара спектров (1-го порядка) соответствует разности хода лучей, равной  $\lambda$  для соответствующего тона. Более удаленная пара спектров (2-го порядка) соответствует разности хода лучей равной  $2\lambda$  и т.д.

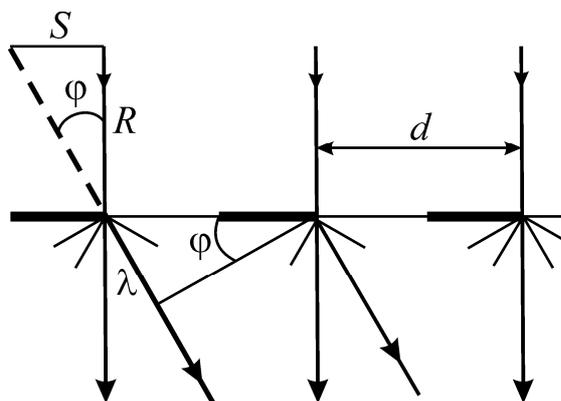
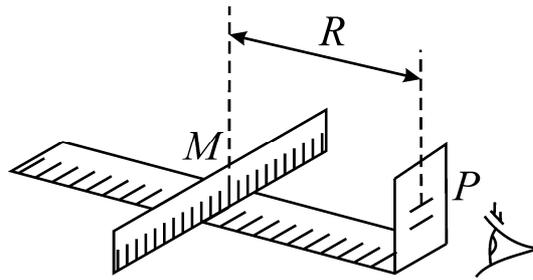


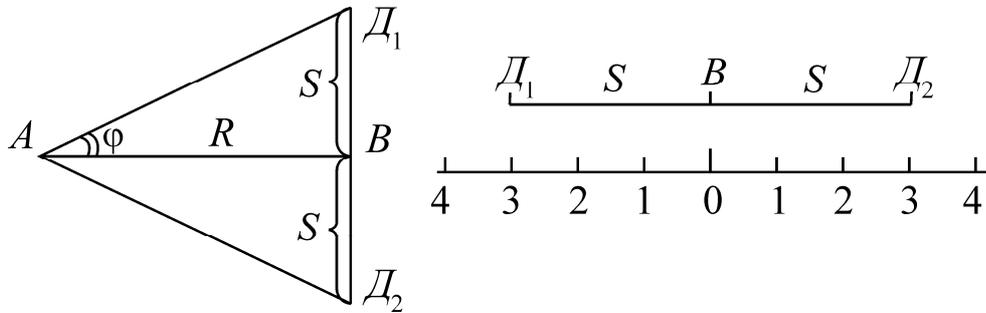
Рис. 1.

Внешний вид установки, для определения длины световой волны изображен на рис. 2.



**Рис.2**

На оптической скамье может передвигаться пластина, в которой прорезана щель прямолинейной формы. Под щелью укреплена шкала с делениями. Щель освещается электрической лампочкой, между лампочкой и щелью вставляется монохроматический светофильтр. В другом конце оптической скамьи укреплен держатель  $P$ , в который вставляется дифракционная решетка. Если смотреть на освещенную монохроматическим светом щель через дифракционную решетку, то кроме щели  $AB$  по бокам видны симметричные изображения ее. Каждое боковое дифракционное изображение смещено в сторону на величину  $BD_1 = BD_2 = S$ . На рис.2 изображены лучи, образующие изображенные щели, очевидно:  $\operatorname{tg}\varphi = \frac{BD_1}{R} = \frac{S}{R}$ , где  $R$ -расстояние от решетки до щели  $M$ .



**Рис. 2**

Так как угол  $\varphi$  мал, то  $\operatorname{tg}\varphi$  можно с достаточной степенью точности заменить  $\sin\varphi$ , т.е.  $\sin\varphi = \frac{S}{R}$ .

Сравнивая последнее выражение с условием главного дифракционного максимума  $d \sin\varphi = k\lambda$  получаем расчетную формулу:

$$\lambda = \frac{Sd}{Rk}.$$

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

*Таблица*

Порядок линии спектра $k$	Расстояние от решетки до шкалы $R$ , м	Расстояние от прорези шкалы до линии $S$ , $10^{-3}$ м							Длина световой волны, $\lambda$ , $10^{-7}$ м						
		К	О	Ж	З	Г	С	Ф	К	О	Ж	З	Г	С	Ф
		1	0,1												
0,2															
0,3															
Среднее значение длины волны															

2. Поместите дифракционную решетку ( $d = 10^{-5}$  м) в рамку прибора и укрепите его на подставке.

3. Смотря через дифракционную решетку, направьте прибор на источник света так, чтобы последний был виден сквозь узкую прицельную щель щитка. По обе стороны щитка на черном фоне заметны дифракционные спектры нескольких порядков. В случае наклонного положения спектров поверните решетку на некоторый угол до устранения перекоса.

4. Поместите шкалу на расстояние  $R$  от дифракционной решетки. Возьмите последовательно  $R = 0,1$ ;  $0,2$  и  $0,3$  м.

5. Вставьте в рамку светофильтр, начиная с красного и по шкале щитка, рассматриваемой через решетку, определите расстояние от щели до наблюдаемой линии 1-го порядка (расстояние  $S$ ).

6. Результаты измерений занесите в таблицу.

7. Те же измерения проведите для лучей другого цвета.

8. Определите длину световой волны  $\lambda = \frac{Sd}{Rk}$  для всех цветов лучей и занесите в таблицу.

9. Повторите пункты 4-8 для линий второго порядка ( $k = 2$ ).

### Контрольные вопросы.

1. Принцип Гюйгенса-Френеля.
2. Какие волны называются когерентными?
3. Что называется дифракцией света? Объясните это явление.
4. Каков порядок следования цветов в дифракционных спектрах? Какова окраска нулевого максимума?
5. Чем отличаются дифракционные спектры, даваемые решетками с одинаковым количеством щелей, но с различными постоянными, и

решетками с одинаковыми постоянными, но с различным количеством щелей?

6. Как изменится действие дифракционной решетки, если ее поместить в воду?
7. Дифракция света на одной щели. Объясните образование дифракционного спектра на экране от лучей от лучей, прошедших через щель. От чего зависит распределение интенсивности в центре экрана?
8. Одномерная дифракционная решетка. Объясните образование дифракционной картины на экране. В каких точках наблюдаются максимумы интенсивности, в каких минимальны и почему?
9. Чем отличаются дифракционные картины при освещении решетки монохроматическим светом и белым светом? Объясните эти явления.
10. Что такое интерференция света? Участвует ли это явление при образовании дифракционного спектра на щели или решетке?
11. Белый свет падает нормально на одномерную дифракционную решетку содержащую 100 щелей. Как распределится интенсивность света на экране? Сколько дополнительных минимумов между двумя главными максимумами образуется на экране? Каковы условия образования главных максимумов и главных минимумов?
12. Белый свет падает нормально на дифракционную решетку и на тонкую линзу большего диаметра. Объясните картины, образовавшиеся на экране при прохождении света через линзу и дифракционную решетку.
13. Каковы длины волн видимого света? Подвержены ли они дисперсии, нормальная или аномальная дисперсия в диапазоне волн видимого света и в чем это выражается?
14. Что мы наблюдаем в центре экрана и в две стороны от центра при освещении его белым светом, прошедшим через дифракционную решетку. Какая сторона света спектра обращена к центру, какая наружу и почему?
15. От чего зависит ширина полос дифракционного спектра? Что наблюдается на экране, если ширина щели намного больше длины волны  $\lambda$ ? Объясните это явление.
16. Как определить длину световой волны с помощью дифракционной решетки?