

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.12

## ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

*Цель работы:* изучение дифракционной решетки и определение длин волн спектра излучения ртути.

*Приборы и принадлежности:* гониометр, дифракционные решетки, ртутная лампа, неоновая лампа, лампа накаливания, призма.

### ВВЕДЕНИЕ

Дифракционной решеткой называют любую периодическую структуру, способную повлиять на амплитуду или фазу падающей на неё электромагнитной волны. Периодически меняющимся параметром может быть, например, прозрачность (амплитудная решетка — рис. 3.12.1, а), геометрическая толщина или коэффициент преломления (фазовая решетка — рис. 3.12.1, б). Если на такую решетку падает плоская электромагнитная волна, то волновой фронт после решетки можно представить множеством плоских волн, распространяющихся в определенных направлениях. Плоские волны с максимальной амплитудой удовлетворяют условию:

$$d \sin \phi = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

Здесь  $d$  — период (или постоянная) решетки,  $\phi$  — угол отклонения соответствующей волны от нормали.

Поставив за решеткой собирающую линзу, можно получить в её фокальной плоскости ряд точек или полос — изображений источника (например, щели), каждое из которых представляет собой дифракционный спектр реального (немонохроматического) излучения этого источника.

Задача спектрального исследования данного излучения сводится к измерению постоянной решетки и углов отклонения дифрагированных пучков света от первоначального направления. В работе предлагается измерить несколько длин волн спектра излучения ртути.

Кроме этого, работа предусматривает измерение одного из важнейших параметров дифракционной решетки как спектрального прибора — угловой дисперсии решетки  $D$ . Она характеризует степень углового разделения света с различными длинами волн  $\lambda$ .

Если двум близким спектральным линиям, отличающимся по длине волны на  $\Delta\lambda$ , соответствует разница в углах  $\Delta\phi$ , то угловая дисперсия по определению равна  $D = \frac{\delta\phi}{\delta\lambda}$ . Она обычно выражается в угловых минутах на нм.

Теоретическое значение угловой дисперсии решетки с периодом  $d$  для максимума  $m$ -ого порядка длины волны  $\lambda$  можно рассчитать по формуле:

$$D_{\text{теор}} = \frac{m}{d \cos \phi}, \quad (2)$$

где  $\phi$  — угловое направление на максимум  $m$ -го порядка длины волны  $\lambda$ .

## ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В работе используется распространенная в лабораторной практике решетка, представляющая собой стеклянную пластинку, на которую с помощью делительной машины специальным алмазным резцом нанесен ряд параллельных штрихов.

Для измерения углов отклонения применяется гониометр, схема которого представлена на рисунке 3.12.2. Гониометр состоит из зрительной трубы, коллиматора, столика, лимба и нониуса. Коллиматор служит для создания параллельного пучка света. Он состоит из наружного тубуса с объективом и внутреннего тубуса с входной щелью, устанавливаемой в фокальной плоскости объектива. Из коллиматора выходит плоская световая волна (параллельный пучок света) и падает на дифракционную решетку. Пучки света собираются объективом зрительной трубы и образуют в фокальной плоскости действительные изображения щели коллиматора. В поле зрения окуляра одновременно видны крест нитей и действительное изображение щели (дифракционный максимум). Перемещая зрительную трубу, можно совместить крест нитей с любым из дифракционных максимумов. Источником исследуемого излучения является ртутная лампа.

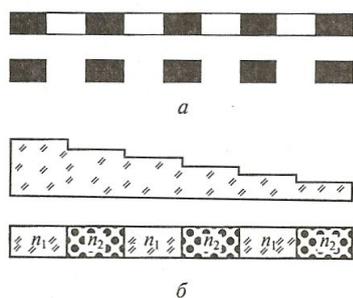


Рис. 3.12.1

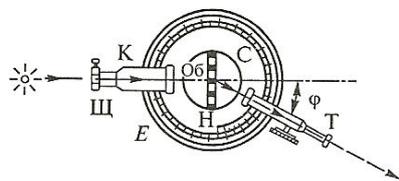
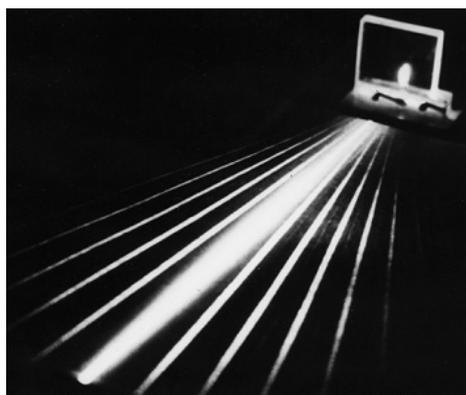


Рис. 3.12.2

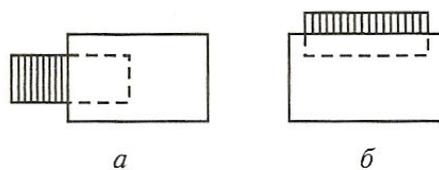


Рис. 3.12.3

## ИЗМЕРЕНИЯ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

### Задание 1. Определение постоянной решетки.

Для определения постоянной решетки необходимо иметь излучение известной длины волны. Можно использовать излучение неона (неоновой лампы), длина волны желтой линии в спектре неона равна  $\lambda = 585$  нм.

Дифракционную решетку установите на столике гониометра так, чтобы её штрихи

были вертикальны и пучок света, выходящий из коллиматора, падал на нее нормально. Поверачивая зрительную трубу до совмещения креста нитей с первым левым изображением щели (максимум 1-го порядка), снимите отсчет угла  $\alpha_{\text{лев}}$ . Поверните зрительную трубу до совмещения креста нитей с первым правым изображением щели и снимите отсчет угла  $\alpha_{\text{прав}}$ . Вычислите угол  $\phi$ , соответствующий дифракционному максимуму, по формуле

$$\phi = \frac{\alpha_{\text{прав}} - \alpha_{\text{лев}}}{2}. \quad (1)$$

Такие же измерения проделайте для второго дифракционного максимума ( $m = 2$ ).

Пользуясь формулой (1), вычислите постоянную решетки  $d$ . Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 1.

$m$	$\lambda$ , нм	$\alpha_{\text{прав}}$	$\alpha_{\text{лев}}$	$\phi$	$\sin \phi$	$d$ , мкм	$d_{\text{ср}}$ , мкм
1	585						
2							

Таблица 1

Установите на столике другую дифракционную решетку. Сравните (качественно) расположение дифракционных максимумов, даваемых решетками. Определите, какая из решеток имеет большую постоянную.

### Задание 2. Определение длин волн наиболее ярких линий спектра излучения ртути.

Включите ртутную лампу и, передвигая гониометр, добейтесь яркого изображения щели (пользуйтесь той же решеткой, что и в задании 1). Тем же способом, что и в задании 1, измерьте углы отклонения для всех видимых линий ртутного спектра (по спектрам 1-го и 2-го порядка). Вычислите длины волн наблюдаемых линий ртутного спектра. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 2.

$m$	Цвет	$\alpha_{\text{прав}}$	$\alpha_{\text{лев}}$	$\phi$	$\lambda$ , нм	$\lambda_{\text{таблич}}$ , нм
1	Фиол.					
	Синий					
	Голубой					
	Зелёный					
	Жёлтый					
2	Фиол.					
	Синий					
	Голубой					
	Зелёный					
	Жёлтый					

Таблица 2

### Задание 3. Определение дисперсии решетки.

Определите разность углов отклонения для синей и фиолетовой линий в спектрах 1-го и 2-го порядка. Зная разность  $\Delta\lambda = \lambda_c - \lambda_f$ , вычислите угловую дисперсию  $D = \frac{\delta\phi}{\delta\lambda}$  данной дифракционной решетки в спектре 1-го и 2-го порядка (разность углов  $\delta\phi$  переведите в угловые минуты). Рассчитайте теоретические значения угловой дисперсии для максимумов 1 и 2 порядков сине-фиолетовой части спектра данной решетки по формуле (2). Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 3.

$m$	Цвет	$\alpha_{\text{прав}}$	$\alpha_{\text{лев}}$	$\phi$	$\lambda$ , нм	$D = \frac{\Delta\phi}{\Delta\lambda}$ , УГЛ.МИН/НМ	$D_{\text{теор}}$ , УГЛ.МИН/НМ
1	Синий						
	Фиолет.						
2	Синий						
	Фиолет.						

Таблица 3

#### Задание 4. Наблюдение спектра излучения раскаленного тела.

Щель гониометра осветите лампой накаливания. Получив спектры 1-го и 2-го порядка, зарисуйте их, пользуясь цветными карандашами. Поставив вместо решетки призму, получите с её помощью спектр излучения лампы накаливания, зарисуйте его и сравните с дифракционным спектром.

#### ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Пользуясь правилами геометрической оптики, постройте ход лучей в гониометре (при наличии дифракционной решетки) от источника света до глаза для максимумов 0-го и 1-го порядка.
2. Получите формулу (2) для угловой дисперсии  $D$  решетки. От чего она зависит? Зависит ли  $D$  от числа штрихов?
3. Что такое разрешающая способность решетки и от чего она зависит? Зависит ли она от периода решетки  $d$ ?
4. Как вычисляется положение главных максимумов в том случае, если параллельный пучок света падает на решетку под углом  $\alpha \neq 0$ ?
5. Как можно использовать "грубую" ( $d \approx 1$  мм) дифракционную решетку для наблюдения дифракции света?
6. Как изменится дифракционная картина, если уменьшить ширину щелей  $b$ , не меняя постоянной решетки  $d$  (источник света дает линейчатый спектр)?
7. Как изменится дифракционная картина, если часть решетки закрыть, как показано на рисунках 3.12.3 а, б (источник света дает линейчатый спектр)?
8. Чем будут отличаться дифракционные картины, полученные от решеток с различными периодами  $d$ , но с одинаковым числом штрихов? Отличаются ли у них угловые дисперсии? разрешающие способности?