



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Брянский государственный технический университет

Кафедра «Общей физики»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № ____

(название лабораторной работы)

Выполнил студент группы _____

(Ф.И.О)

Отметка о допуске: _____

Отметка о защите: _____

Брянск 20 ____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №46

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПОМОЩИ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ И ГОНИОМЕТРА

Цель: определение длины световой волны видимой части спектра паров ртути.

Задачи: ознакомиться с явлением дифракции, волновой природой света, научиться пользоваться гониометром.

Оборудование: Ртутная лампа, дифракционная решетка и гониометр.

Теоретическое введение.

Свет имеет двойственную природу. В таких явлениях, как, например, фотоэффект, он проявляет себя как поток особого рода частиц – фотонов, а в таких явлениях, как, например, дифракция, он проявляет себя как электромагнитная волна. Под дифракцией света понимают всякое отклонение от прямолинейного распространения света, если оно не может быть истолковано как результат отражения, преломления или изгибания световых лучей в средах с непрерывно меняющимся показателем преломления. Результатом дифракции света на дифракционной решётке является образование дифракционной картины, которая представляет собой совокупность световых полос, разделённых тёмными промежутками.

Дифракционная решётка – важнейший спектральный прибор, предназначенный для разложения света в спектр и измерения длин волн. Она представляет собой плоскую стеклянную или металлическую поверхность, на которой делительной машиной нанесено очень много (до сотен, тысяч) прямых равноотстоящих штрихов. На стеклянных решётках наблюдения можно производить как в проходящем, так и в отражённом свете, на металлических – только в отражённом.

Рассмотрим простейшую идеализированную решётку, состоящую из одинаковых равноотстоящих параллельных щелей, сделанных в непрозрачном экране. Ширину щели обозначим за a , ширину непрозрачной части экрана между двумя соседними щелями – через b . Величина $d = a + b$ называется периодом решётки.

Пусть на решётку перпендикулярно к её поверхности падает плоская монохроматическая волна (рис. 1). Каждая щель пропускает некоторый участок фронта волны. Согласно принципу Гюйгенса- Френеля, любая точка щели даёт начало вторичной волне, то есть из каждой точки расходится бесконечное число лучей. Если на пути этих лучей поставить собирающую линзу, то в каждой точке фокальной

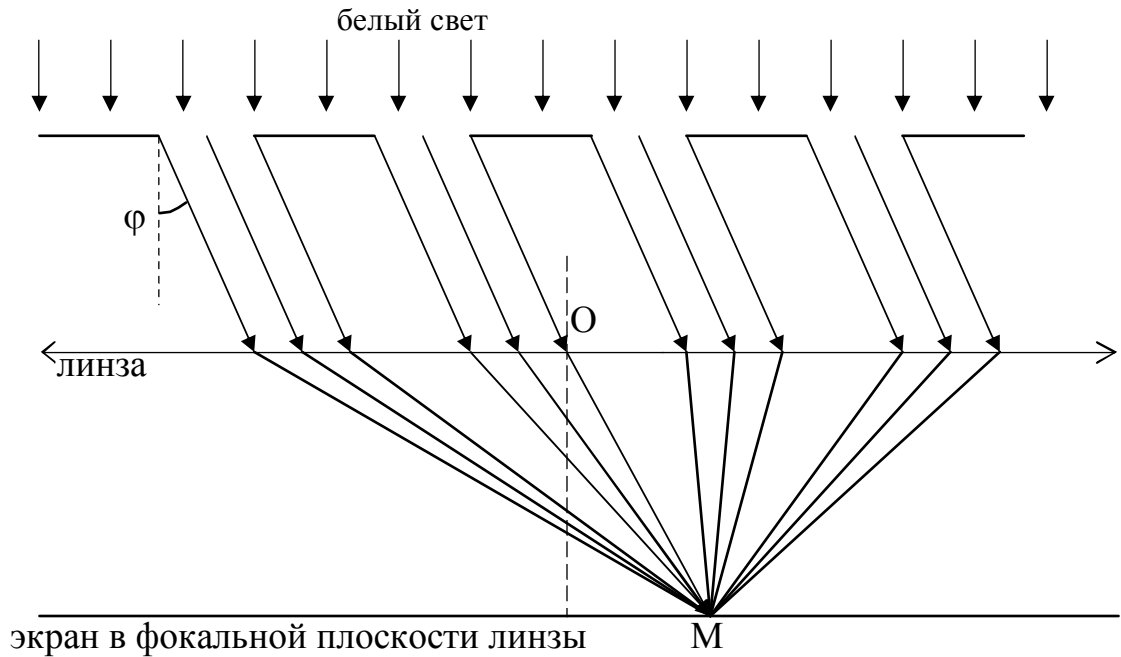


Рис.1. Ход лучей, падающих на линзу под углом φ

плоскости линзы соберутся лучи, падающие на линзу под определённым углом. Однако интерферировать смогут только когерентные лучи, то есть лучи одинаковых длин волн. На рисунке 1 показаны лучи, идущие от разных щелей под углом φ , и собранные линзой в точке М фокальной плоскости. В зависимости от разности хода лучей, в точке М – произвольной точке экрана – результат интерференции может быть разный. Для получения условия главных интерференционных максимумов рассмотрим соответственные точки двух соседних щелей – точки, расстояние между которыми равно периоду решетки. Такими точками

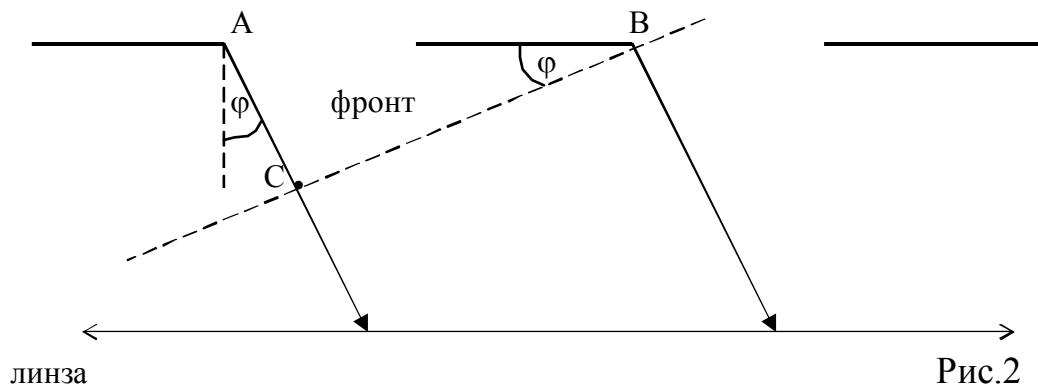


Рис.2

могут быть, например, левые края соседних щелей – точки А и В на рис.2. Фронт плоской волны, распространяющейся под углом φ , проведен в момент времени, когда точка В только начала излучать. Расстояние АС от точки А

до фронта волны есть разность хода между лучами от соответственных точек А и В. Как видно из рисунка, $AC = AB \cdot \sin \varphi = d \cdot \sin \varphi$. Если в этой разности хода укладывается целое число k длин волн данного цвета, то в точке М экрана будет наблюдаться главный интерференционный максимум k -того порядка для этой волны. Итак, условие главного интерференционного максимума (или уравнение дифракционной решетки) таково:

$$d \cdot \sin \varphi = k \lambda . \quad (1)$$

Число k называется порядком спектра. На рис. 3 показано расположение интерференционных максимумов по цветам в спектрах разных порядков.

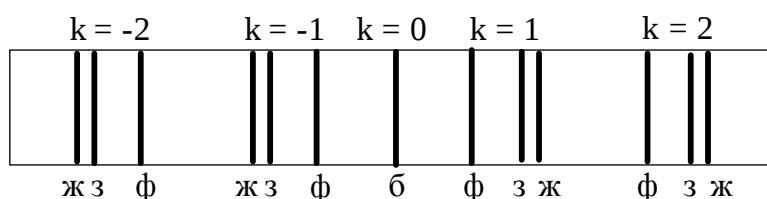


Рис.3. Расположение интерференционных максимумов фиолетового (ф), зеленого (з), желтого (ж) и белого (б) цветов

Условие (1) определяет направления, в которых излучение от всех щелей решётки приходит в точку наблюдения в одинаковых фазах, а потому лучи усиливают друг друга. Для всех остальных точек фокальной плоскости условие максимума не выполняется, и поэтому там темно. Из формулы (1) видно, что для определения длины волны некоторого излучения надо, зная постоянную решётки d , измерить угол φ , под которым идут лучи, дающие в результате интерференции светлую полосу. Для наблюдения дифракционного спектра и измерения углов применяется специальный прибор - гониометр.

2. Описание гониометра. Гониометр является оптическим контрольно-измерительным точным прибором и позволяет измерять углы и производить другие оптические измерения. Схематическое изображение гониометра приведено на рис.4.

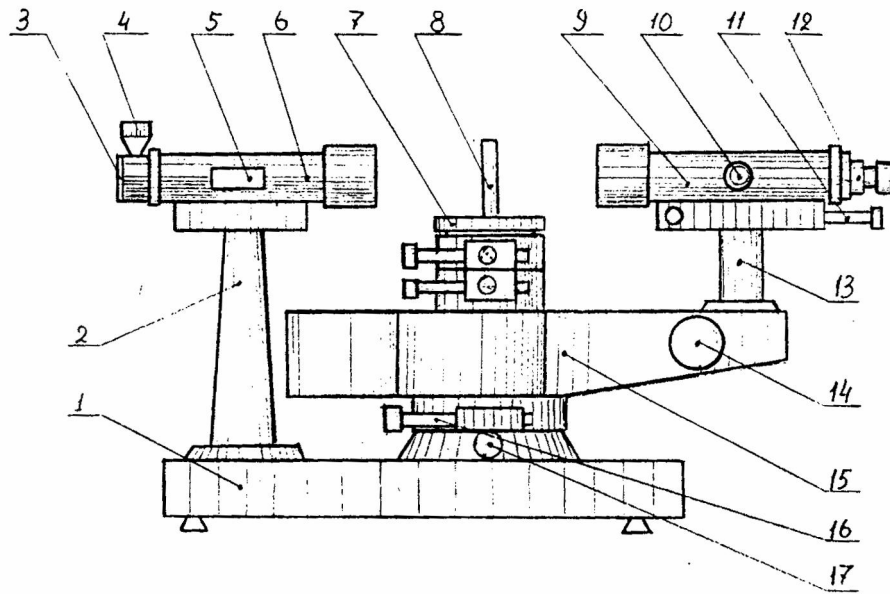


Рис. 4. Общий вид гониометра: 1-основание; 2-стойка коллиматора; 3-раздвижная щель; 4-маховичок микрометра щели; 5-шкала коллиматора; 6-коллиматор; 7-столик; 8-дифракционная решетка в оправе; 9-зрительная труба; 10-маховичок фокусировки трубы; 11-окуляр оптического микрометра; 12-окуляр; 13-стойка зрительной трубы; 14-маховичок оптического микрометра; 15-алидада; 16-микрометрический винт алидады; 17-зажимной винт алидады

Внимание! Винты и маховички, не указанные на рисунке, являются юстировочными или применяются для других видов работ. Просьба их не трогать.

Свет от источника падает в коллиматорную трубу. Лучи, проходящие через щель и объектив, выходят параллельным пучком. Этот пучок лучей падает на дифракционную решётку, претерпевает дифракцию и попадает в зрительную трубу. В фокальной плоскости окуляра получаются светлые полосы – максимумы различных порядков. Поворачивая трубу и совмещая нить в зрительной трубе с той или иной полосой, можно определить угол дифракции φ , под которым наблюдается данный спектральный максимум.

3. Как снять показания гониометра

Измерение угла производится при помощи отсчетного микроскопа, поле зрения которого приведено на рис. 4.

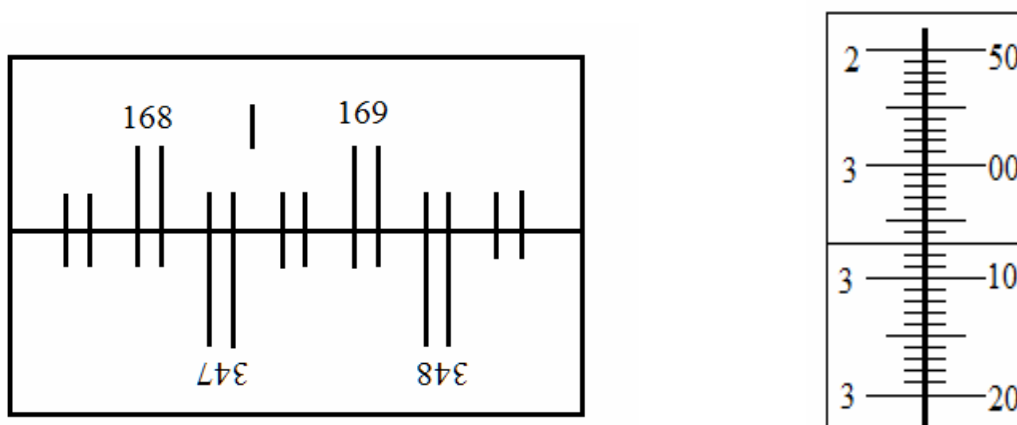


Рис. 4

В левом окне наблюдаются изображения диаметрально противоположных участков лимба и вертикальный индекс для отсчета градусов, а в правом окне – деления шкалы оптического микрометра и горизонтальный индекс для отсчета минут и секунд. Чтобы снять отсчет по лимбу, необходимо повернуть маховичок 14 оптического микрометра настолько, чтобы верхние и нижние изображения штрихов лимба в левом окне точно совместились. Теперь необходимо измерить величину угла в градусах, минутах и секундах. Для этого:

1. Считываем число градусов - число градусов будет равно видимой ближайшей левой от вертикального индекса цифре (рис. 4).
2. Считываем число десятков минут:
 - а. Имея число градусов необходимо к данной цифре прибавить 180^0 (или отнять 180^0 , если число градусов $>180^0$) и найти полученное число на нижней (перевернутой) горизонтальной шкале.
 - б. Сосчитать количество интервалов между числом градусов на верхней части шкалы и полученным числом градусов на нижней (перевернутой) части шкалы. Число полученных интервалов и есть число десятков минут.
3. Считываем число единиц минут - отсчитывается по вертикальной шкале микрометра (рис.4). По левой части вертикальной шкалы находим одинарную цифру находящуюся рядом с горизонтальной разделительной чертой. Данная цифра и есть число единиц минут.
4. Считываем число секунд – отсчитывается по правой части вертикальной шкалы (рис.4). Для этого определяем число делений на которых находится горизонтальная разделительная черта. Данное число и есть число секунд.
5. Положение, показанное на рис.4, соответствует отсчету $168^{\circ}43'07''$.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Свет ртутной лампы вреден для глаз, поэтому:
 - категорически запрещается снимать стекло и защитный кожух лампы;
 - работу следует организовать таким образом, чтобы лампа была включена минимально короткое время.
2. Металлический кожух, внутри которого находится работающая ртутная лампа, сильно нагревается. Запрещается касаться кожуха при работе лампы.
3. Лампа, перегревшись, может отключиться. Для ее повторного включения следует выждать 3-5 минут.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. С разрешения преподавателя включить ртутную лампу. Поворотом алидады 15 (рис.3) установить зрительную трубу так, чтобы её оптическая ось была продолжением оптической оси коллиматора. Это будет достигнуто тогда, когда вертикальная нить окуляра трубы будет находиться посередине изображения освещённой щели. Алидада вращается относительно оси прибора и установленного на ней лимба грубо от руки и точно микрометрическим винтом 16 при зажатом винте 17.
2. Совместить визирную нить (перекрестье нитей) с белой линией спектра нулевого порядка и снять показания гониометра, как описано разделе 3 (как снять показания гониометра).
3. Снять показания гониометра для фиолетовой, зеленой, желтой линий в спектрах первого и второго порядка по одну сторону от центральной белой линии спектра первого порядка. Показания занести в таблицу 1.
4. Рассчитать углы дифракции φ для фиолетовой, зеленой и желтой линий спектра первого и второго порядков. Для этого из показаний для соответствующих линий вычесть показание для белой линии:

$$\varphi = \varphi_{\text{цвет}} - \varphi_{\text{бел}} \text{ если } \varphi_{\text{бел}} < \varphi_{\text{цвет}} \text{ или}$$

$$\varphi = \varphi_{\text{бел}} - \varphi_{\text{цвет}} \text{ если } \varphi_{\text{бел}} > \varphi_{\text{цвет}}$$
5. Рассчитать по формуле дифракционной решетки (1) длины волн, соответствующие фиолетовой, зеленой и желтой линиям спектров первого и второго порядков. Найти среднее значение длины волны $\lambda_{\text{ср}}$ данного цвета. Результаты расчетов занести в таблицу 2.

Таблица 1

Линия спектра	Порядок спектра к	Показания гониометра		
		градусы	минуты	секунды
Белая	0			
Фиолетовая	1			
	2			
Зелёная	1			
	2			
Жёлтая	1			
	2			

Таблица 2

Линия спектра	Порядок спектра к	Угол дифракции $\varphi = \varphi_{\text{цвет}} - \varphi_{\text{бел}}$	$\sin \varphi$	λ , мкм	$\lambda_{\text{ср.}}$, мкм
Фиолетовая	1				
	2				
Зелёная	1				
	2				
Жёлтая	1				
	2				

Примечание. Углы и синусы углов следует вычислять с наибольшей точностью. Полученные результаты для длин волн следует сравнить с табличными данными:

Цвет спектра	Длина волны $\lambda_{\text{теор.}}$, мкм
фиолетовый	0.380 – 0.450
зеленый	0.510 – 0.550
желтый	0.575 – 0.585

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
2. Что такое монохроматический свет? Когерентные волны? Фронт волны?
3. Что такое спектр сложного света? Что представляет собой спектр газа?
4. В чём состоит явление дифракции?
5. Поясните с помощью рисунка, как образуется дифракционный спектр. Что такое угол дифракции? В чём состоит роль собирающей линзы?

6. Выведите формулу дифракционной решётки для случая нормального падения света на решетку.
7. Объясните, что представляет собой гониометр и для каких целей он используется.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев И.С. Курс общей физики. Т.2..
2. Трофимова Т.И. Курс физики.-М.: Высш. шк. 1985. – С.285, 266, 271, 272.