

Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки.

Цель работы: изучение явления дифракции (примере дифракционной решетки). Определение длины волны желтой линии неона; длин волн, соответствующих границам видимой части спектра и полос пропускания светофильтров.

Приборы и оборудование: гониометр, неоновая лампа или другой источник, дифракционная решетка, осветительная лампа с матовым стеклом, набор светофильтров.

Краткая теория.

Явление дифракции света состоит в отклонении от прямолинейного распространения вблизи края непрозрачных препятствий. Дифракция света наблюдается при выполнении следующего условия: размер препятствия должен быть порядка длины волны.

Дифракционная решетка представляет собой плоскую прозрачную пластинку, на которую нанесен ряд параллельных штрихов. Промежутки между этими штрихами прозрачны, штрихи же непрозрачны. Решетка характеризуется числом штрихов, нанесенных на единицу длины, которое обычно колеблется от 100 на 1мм. до нескольких тысяч штрихов на 1 см. Под так называемой постоянной решетки (d) понимается сумма ширины прозрачного промежутка (a) и непрозрачного штриха (b): $d = a+b$, (1) Очевидно, число штрихов на единицу длины и постоянная решетки связаны соотношением

$$n = \frac{1}{c}$$

Пусть фронт световой волны, падающей на решетку, параллелен плоскости решетки, т.е. лучи перпендикулярны плоскости решетки. Согласно принципу Гюйгенса, каждая точка волнового фронта может рассматриваться как источник новых вторичных волн. Выберем на поверхности плоского фронта две соответствующие точки А и В, расположенные в двух соседних щелях. От этих точек вторичные волны распространяются по разным направлениям и при наложении друг на друга дают взаимное усиление или ослабление (интерferируют).

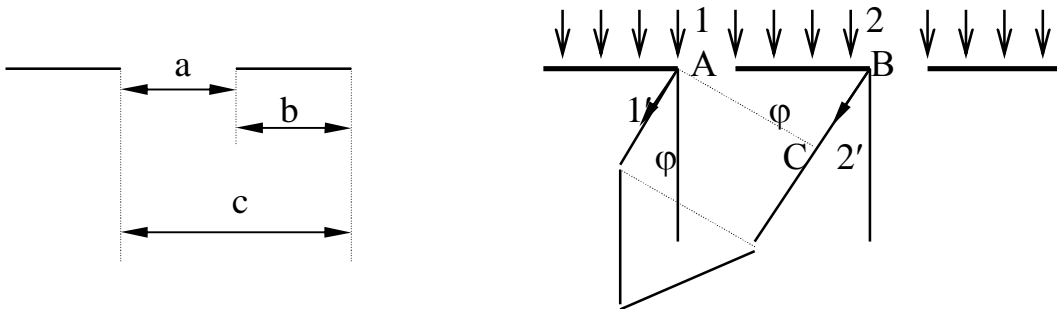


рис. 1.

Рассмотрим два луча 1 и 2, отклоненные от первоначального направления на один и тот же угол φ . Построим плоскость AC, перпендикулярную к этим лучам. В точках A и B колебания совершаются в одинаковой фазе. Разность фаз определяется разностью хода BC. Если эта разность хода равна четному числу полуволен, то разность фаз равна четному числу 2π , такие фазы называются одинаковыми.

Если разность хода равна нечетному числу полуволен, то разность фаз равна нечетному числу π , т.е. в точках A и C колебания совершаются в фазах, противоположных. Из рис. 1 видно, что разность хода Δ равна:

$$\Delta = BC = AB \sin \varphi = (a+b) \sin \varphi \quad (3)$$

Рассмотрим случай, когда $\Delta = 2k \frac{\lambda}{2}$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$), следовательно, $(a+b) \sin \varphi = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda$. Разность фаз в точках A и C равна четному числу π и при наложении лучей будет наблюдаться их взаимное усиление.

Все, что сказано о двух лучах 1 и 2, отклоненных на угол φ от первоначального направления, можно повторить по отношению к любой паре лучей, вышедших из соответственных точек соседних щелей и отклоненных на тот же угол. Все лучи отклоненные от нормали и плоскости решетки на один и тот же угол φ , параллельны между собой. Если на пути лучей поставить собирающую линзу, то после преломления в линзе лучи соберутся в одной и той же точке, лежащей в фокальной плоскости линзы, и результате интерференции будут взаимно усиливать друг друга, если $\Delta = k\lambda$, и ослаблять, если $\Delta = (2k+1)\lambda$. Следовательно, выражение $(a+b) \sin \varphi = k\lambda$ есть условие образования светлой полосы дифракционной решетки. Исследуем эту формулу. Пусть $k = 0$, тогда, как это следует из формулы и рис. 1, $\varphi = 0$. В данном случае соблюдается условие максимума для всех значений, если источник света не является монохроматическим, спектральная полоса будет общей (нулевой спектр). Пусть $k = 1$. Значение угла φ , при котором соблюдаются условия максимума, в данном случае зависит от длины волны λ . Если источник света не является монохроматическим, то справа и слева от нулевого спектра симметрично расположатся спектральные линии, соответствующие различным значениям λ и угла φ . Образуется спектр 1-го порядка. При $k = 2$ получается спектр 2-го порядка и т.д. Измерив угол отклонения φ , соответствующий какой-нибудь длине волны по формуле:

$$\lambda = \frac{(a+b) \sin \varphi}{k} \quad (4)$$

Если дифракционная решетка освещается "белыми" лучами, то дифракционная картина будет состоять из сплошного ряда спектральных линий различного цвета, вплотную примыкающие к друг другу - сплошной дифракционный спектр, который принято называть нормальным спектром.

Описание прибора

Для измерения углов отклонения φ служат гониометр. Он состоит из следующих составных частей, установленных на общем штативе (рис.2). На круглый столик устанавливается решетка, лучи света направляются на решетку при помощи коллиматора. Коллиматор состоит из трубы, на одном конце которой находится узкая прямоугольная щель S, расположенная параллельно штрихам решетки, на другом- объектив на расстоянии от щели, равном главному фокусному расстоянию объектива. Лучи света, пройдя щель, объектив, выходят параллельным пучком и освещают дифракционную решетку. Дифракционное изображение щели, даваемое решеткой, рассматривается при помощи зрительной трубы, установленной на бесконечность т.к. объектив трубы должен собрать в фокальной плоскости объектива параллельные лучи.

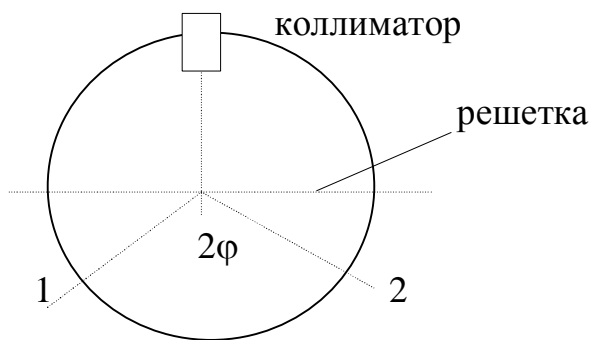


рис.2

В поле зрения зрительной трубы видна тонкая вертикальная нить, которая может быть совмещена с тем или иным дифракционным изображением щели. Зрительная труба вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр столика. Угол поворота трубы определяется при помощи лимба и нониуса.

Порядок выполнения работы

Гониометр выдается студенту в состоянии, готовым к работе. Допускается производить только фокусировку зрительной трубы.

1.Зная число штрихов дифракционной решетки на 1 мм. (100), находят постоянную решетки $s=(a+b)$ по формуле $(a+b)=\frac{1}{n}$.

2.Перед щелью коллиматора ставят неоновую лампу и зажигают ее.

3.Устанавливают зрительную трубу так, чтобы ось трубы совпадала с осью коллиматора, и наблюдают изображение щели в трубке. Перемещением окуляра зрительной трубы добиваются отчетливой видимости как изображения щели, так и вертикальной тонкой нити в поле зрения трубы.

4.Поворачивая трубу вправо и влево от первоначального положения, изучают положение спектров. По обе стороны от яркого одиночного изображения щели (спектр нулевого порядка) должны быть видны два симметрично расположенных спектра 1-го порядка, состоящие из нескольких окрашенных линий. При повороте трубы на большой угол можно наблюдать спектры 2-го порядка.

5. Поворачивая трубу, совмещают вертикальную нить с желтой линией в спектре 1-го порядка - слева, и делают отсчет по лимбу и нониусу; затем совмещают вертикальную нить с желтой линией в спектре 1-го порядка - справа, и также делают отсчет по лимбу и нониусу. Определяют угол 2φ и затем находят угол φ (см. рис.2).

Определяют длину волны желтой линии неона в ангстремах по формуле:

$$\lambda = \frac{(a+b) \sin \varphi}{k}$$

(для спектра 1-го порядка $k=1$)

6. Заменяют неоновую лампу лампой накаливания с матовым баллоном и наблюдают сплошные спектры 1-го и 2-го порядков.

Описанным выше способом находят длину волны, соответствующую границам видимой части спектра, т.е. для крайних фиолетовых и крайних красных лучей.

7. Ставят между лампой и щелью коллиматора различные светофильтры и определяют границы полос пропускания, выражая их в длинах волн. Результаты исследования светофильтров записывают в таблицу. В примечании указать степень пропускания (слабая, сильная).

Цвет светофильтра	Границы полос пропускания	Примечания

Контрольные вопросы.

1. В чем заключается явление дифракции света?
2. Сформулируйте принцип Гюйгенса- Френеля.
3. Что такое дифракционная решетка?
4. Запишите условие максимума дифракционной решетки.