

Кафедра «Моделирование систем и информационные технологии»

**Определение длины волны при помощи дифракционной
решетки**

Методические указания к лабораторной работе
по курсу «Общая физика»

Москва 2018

Принадлежности :

1. Проекционный аппарат с оптической скамьей
2. Дифракционная решетка с периодом $1/100$ (100 делений на 1мм)
3. Экран

Цель работы :

Познакомиться с методом изучения спектрального состава изучения при помощи дифракционной решетки.

ВВЕДЕНИЕ

Дифракцией называется проникновение волн в область геометрической тени с образованием интерференционных максимумов и минимумов. Это явление происходит от того, что, согласно принципу Гюйгенса-Френеля, каждая точка волновой поверхности (фронта волны) может рассматриваться как источник вторичных сферических волн: эти волны могут распространяться и в той области, которая закрыта преградой от прямых волн. Дифракция имеет место для любого волнового процесса: наблюдается дифракция волн на поверхности воды, дифракция звуковых волн, радиоволн и др. В случае световых волн дифракция отчетливо наблюдается, когда на пути волн находятся тела или отверстия очень малых размеров.

Наблюдается дифракция как сферических, так и плоских волн. Однако расчет отклонения лучей в случае сферических волн очень сложен, поэтому здесь будет рассматриваться дифракция плоских волн. Плоские волны могут быть получены с достаточной точностью при помощи коллиматора.

Определим характер дифракции в случае, если на пути лучей находится только одна щель.

Пусть на рис.1 АВ есть узкая щель шириной “а”, нормально к поверхности которой падает пучок параллельных лучей. Щель АВ вырезает часть фронта плоской волны, все точки которой колеблются в одной фазе. По принципу Гюйгенса-Френеля каждую точку фронта волны можно рассматривать как источник “вторичных” волн, распространяющихся по всем направлениям. Вторичные волны, идущие от различных точек щели по какому-нибудь определенному направлению (например, под углом φ к первоначальному направлению) будут собраны линзой в одну точку O_1 экрана ЭЭ, где они будут интерферировать, взаимно поглощая или усиливая друг друга.

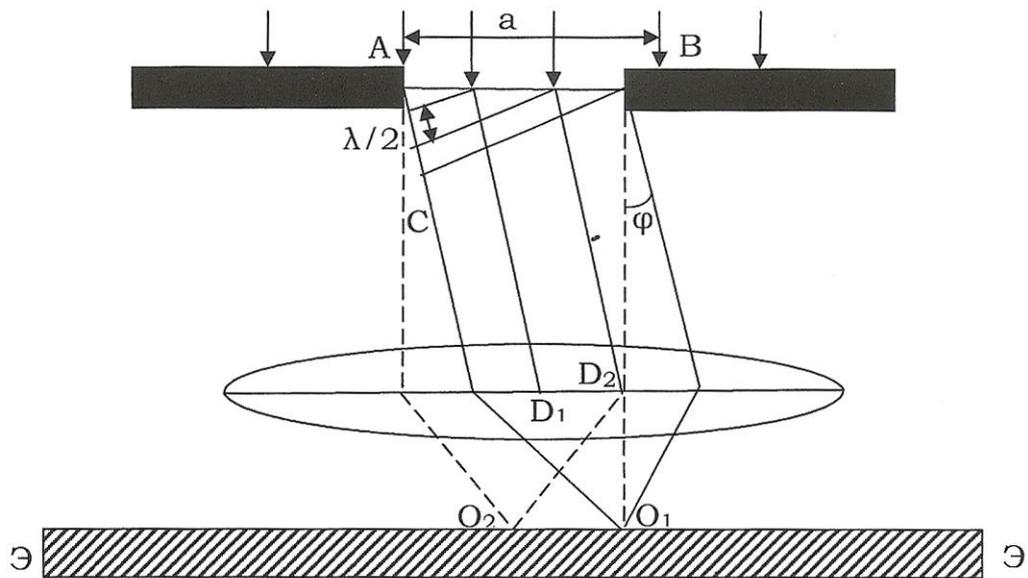


Рис. 1

Для нахождения светлых и темных мест на экране разобьем фронт волны АВ на зоны Френеля, т.е. на такие участки I, II, III и т.д., у которых крайние лучи отстают друг от друга на $\lambda/2$ (см. рис.1). Следовательно, каждому лучу, идущему от одной зоны Френеля, например, лучу $A_1D_1O_1$ из зоны II найдется соответствующий луч соседней зоны, например, $A_2D_2O_1$, который приходит в точку O_1 с опережением (или отставанием) на $\lambda/2$. Эти лучи, интерферируя друг с другом в точке O_1 , дадут темноту, вследствие этого каждая пара соседних зон взаимно погашается. Итак, если при наблюдении под углом φ фронт волны АВ разделится на четное число зон Френеля, то на соответствующих местах экрана получаются темные полосы. Это будет иметь место в случае, когда $AC = 2m \lambda/2 = m\lambda$, где $m - 1, 2, 3, \dots$ и т.д.

Таким образом, углы φ , соответствующие темным полосам на экране, удовлетворяют условию: $a \sin \varphi = 2m\lambda/2 = m\lambda$. Если же при наблюдении под углом φ фронт волны в щели разделится на нечетное число зон, то одна зона останется непогашенной и на экране будет светлая полоса.

В этом случае $AC = (2m + 1) \lambda/2$, где $m - 0, 1, 2, \dots$. Но $AC = AB * \sin \varphi$, тогда взаимное усиление интерферирующих волн будет происходить по направлению, удовлетворяющим условию:

$$AB * \sin \varphi = a \sin \varphi = (2m + 1) \lambda/2$$

Величина $\sin \varphi$, при малых углах и сами углы φ пропорциональны длинам волн; поэтому, если на щель падает белый свет, то на экране каждая светлая полоса окажется разложенной в спектр. На практике для изучения спектров пользуются дифракционной решеткой, т.е. системой большого числа близких параллельных щелей. Простейшая дифракционная решетка представляет собой стеклянную пластину, на которой с помощью делительной машины нанесен ряд параллельных штрихов. Штрихи рассеивают свет, поэтому практически непрозрачны и являются промежутками между неповрежденными частями пластины, играющими роль щелей.

В случае решетки, наряду с взаимной интерференцией лучей от каждой отдельной щели, имеется интерференция волн, исходящих из различных щелей, что вносит существенные изменения в распределение света на экране.

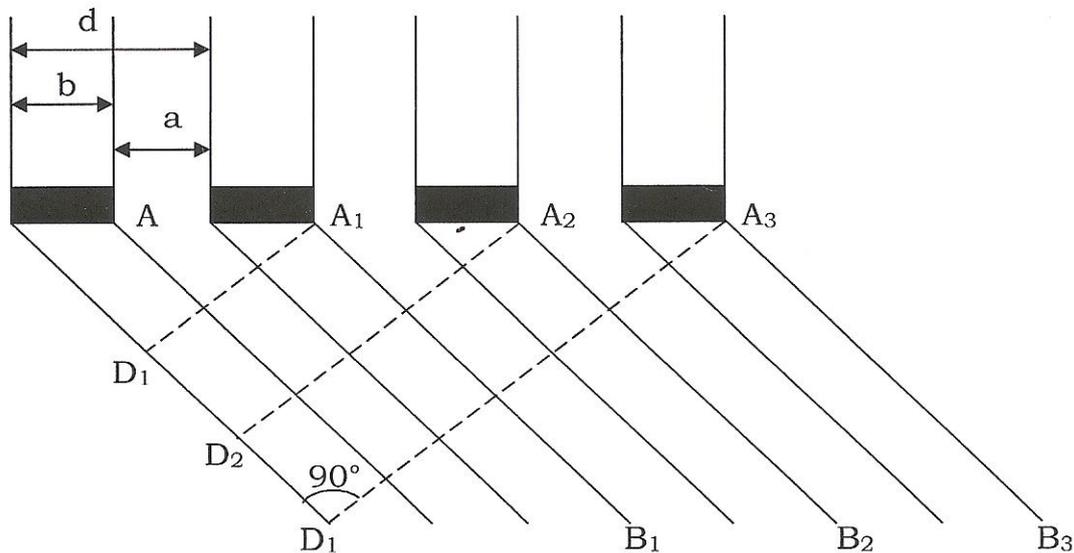


Рис.2

Пусть на рис.2 AA_3 - дифракционная решетка. Ширина щелей решетки - a , ширина промежутков - b ; $d = a + b$ - постоянная решетки или период решетки. На решетку падает нормально ее поверхности пучок параллельных лучей. Так как все щели решетки одинаковы, то вдоль направления, по которым не дает света одна щель $a \sin \varphi = \lambda/2$ не дадут света и остальные щели. Кроме этих “главных” минимумов появляются “дополнительные” минимумы, возникшие в результате интерференции световых пучков, прошедшие через различные щели и попадавших в одно и то же место экрана. Чем больше щелей, тем больше возникает добавочных минимумов. С другой стороны, существуют такие направления, по которым разность хода лучей соседних щелей равна целому числу длин волн. Тогда на экране, в результате интерференции световых пучков, прошедших через различные щели, происходит усиление света. Эти места экрана резко выделяются по всей освещенности от других мест, их называют “главными максимумами” спектра решетки. Если на решетке имеется N щелей, то в результате сложения колебания волн, исходящих из всех щелей, амплитуда результирующего колебания будет в N раз больше амплитуды колебаний, исходящих из одной щели. Энергия колебаний в данном направлении, которая пропорциональна квадрату амплитуды, окажется пропорциональной N^2 квадрату числа щелей. По мере увеличения числа щелей решетки энергия проходящего через решетку света сосредотачивается в направлениях “главных минимумов”, во всех других местах экрана освещенность значительно меньше и образует как бы слабый фон, на котором резко выделяются “главные минимумы”.

Направления (углы φ), под которыми образуются главные максимумы, удовлетворяют условию: $d \sin \varphi = k\lambda$,

где k - порядок (или номер) максимума, λ - длина волны, d - период решетки.

Центральный максимум называется *нулевым* ($k=0$). Зная и определив для данного порядка спектра угол φ , можно вычислить длину волны.

Описание прибора

Проекционный аппарат служит для получения яркого параллельного пучка света. Он состоит из источника света, заключенного в светонепроницаемый кожух, конденсатора и оптической скамьи, на которую помещают те или иные исследуемые объекты: источником света служит кино-лампа мощностью 300 Ватт напряжением 110 Вольт. Для преобразования расходящегося пучка света в параллельный используется конденсатор, состоящий из двух плосковыпуклых линз, обращенных друг к другу выпуклыми сторонами. Из полученных после конденсатора параллельных лучей света выделяется узкий пучок при помощи вертикальной щели. Ширина щели регулируется микрометрическим винтом. Изображение щели проектируется на экран при помощи двухлинзового объектива.

если на скамью перпендикулярно поместить дифракционную решетку, то на экране будут видны изображения нескольких щелей, расположенных симметрично относительно центрального изображения щели. в монохроматическом свете каждое из этих изображений будет представлять собою спектр.

Практические указания

1. При работе с оптическими приборами ни в коем случае нельзя прикасаться пальцами к открытой поверхности стеклянных частей. Пыль с оптики удаляется при помощи мягкой кисточки, а загрязнения чистой плотной тканью, ватой, смоченной бензином или спиртом.
2. Так как данная дифракционная решетка представляет собой снятую с оригинала реплику, полученную на тонкой органической пленке, то применение различного рода растворителей для ее чистки исключается. Поэтому при выполнении работы нужно особенно тщательно обращаться с дифракционной решеткой.

Порядок работы

1. Подготовка аппарата к работе. Включить проекционную лампу на напряжение 110 Вольт через латр.
2. На оптическую скамью устанавливают дифракционную решетку в специальной оправе. Плоскость решетки должна быть перпендикулярна оси системы. При этом на экране можно наблюдать спектры 1,2,3-го порядка (см. схему):
3. Измеряют расстояние при помощи линейки. Приложив к экрану миллиметровую бумагу, отмечают расстояние между двумя одинаковыми линиями спектров 1,2 порядков и справа, и слева. Для малых углов можно применять:

$$\sin \varphi = \tan \varphi = l/h$$

Результаты измерения записываются в таблицу.

Определяют длину волны по формуле:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi_k}{k}$$

Вычисляют относительную погрешность результата:

$$\frac{\lambda}{\lambda} = \frac{1}{2} \frac{1}{1} \frac{h}{h} + \dots$$

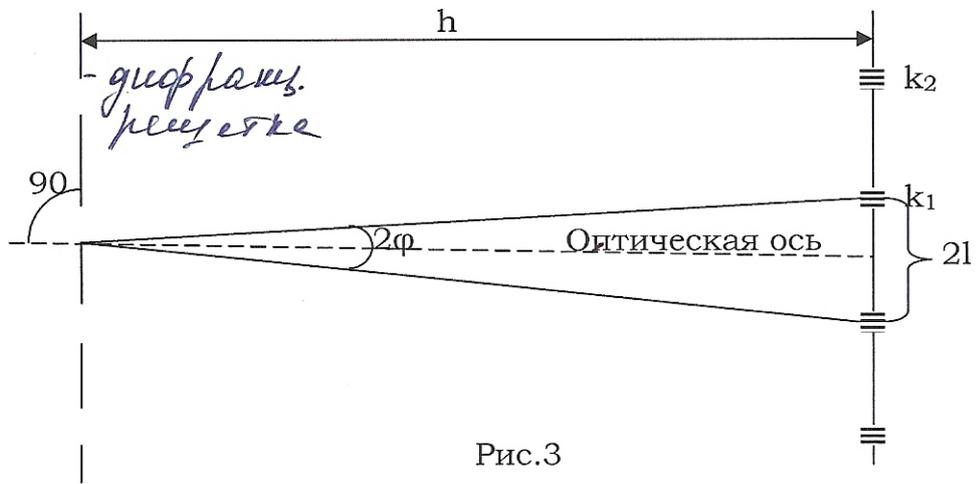


Рис.3

Линия спектра	Порядок спектра К	h	h	2		
Фиолетовая	1					
	2					
Среднее						
Зеленая	1					
	2					
Среднее						
Красная	1					
	2					
Среднее						