Технопарк универсальных педагогических компетенций

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АмГПГУ

УЧИТЕЛЬ БУДУЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ РОССИИ

ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Лабораторная работа
«Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»

Автор-составитель (разработчик): Кипин Д.Ю.
И.о. директора ИРУПК: _____Н.Ю. Чулкова

Комсомольск-на-Амуре
2024

Цель работы: изучение явления дифракции света и использование этого явления для определения длины световой волны.

Оборудование: дифракционная решётка, оптическая скамья, экран, источник света, линейка.

Краткая теория

Дифракция представляет собой явление отклонения световых лучей от прямолинейного распространения при прохождении световых волн вблизи непрозрачных препятствий и резких неоднородностей. Это явление свойственно всякому волновому процессу. Дифракция света практически наблюдается, если размеры преград или отверстий одного порядка с длиной световых волн или если место наблюдения дифракции находится на большом расстоянии от преград конечных размеров. При дифракции в области геометрической тени происходит перераспределение освещенности и наблюдается максимумы и минимумы света. Явление дифракции наблюдается для плоских и сферических волн. Ниже рассматривается явление дифракции плоских волн. Для пояснения явления рассмотрим параллельный пучок лучей, падающих на непрозрачный экран с отверстиями.

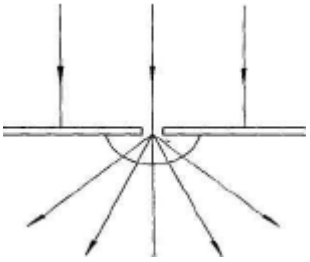

Рис 1. параллельный пучок лучей, падающих на непрозрачный экран с отверстием.

До экрана фронт волны представляет собой плоскость. Согласно принципу Гюйгенса, каждую точку волнового фронта можно рассмотреть, как вторичный самостоятельный источник сферических волн. Следовательно, за экраном появляется пучок не параллельных, а расходящихся лучей.

Дифракционная решетка представляет собой правильно чередующиеся прозрачные и непрозрачные полосы, поперечные размеры которых сравнимы с длиной световой волны. Обычно, решетки — это стеклянные пластинки, на которых нанесены при помощи специальной машины параллельные одинаковые штрихи, расположенные на строго одинаковых расстояниях друг от друга. Число штрихов доводит до нескольких тысяч на 1 мм. Периодом или постоянной дифракционной решётки называется сумма ширины прозрачного и непрозрачного промежутка.

Пусть на решетку падает перпендикулярно её поверхности монохроматический пучок параллельных лучей. Волновой фронт параллелен плоскости решётки. Каждая щель решётки ведет себя как точечный источник вторичных когерентных волн. После решетки лучи идут во всех направлениях, следовательно, углы отклонения лучей от первоначального направления

имеют значения от 0° и до 90° вправо и влево. Если за решеткой поместить собирающую линзу, то в фокальной плоскости линзы можно наблюдать дифракционную картину, являющуюся результатом двух процессов: дифракции света от каждой щели и многолучевой интерференции света от всех щелей. На рис.2 схематично изображён ход лучей через дифракционную решетку в линзу. От щелей лучи идут во всех направлениях: на рисунке показаны только лучи, сохраняющие первоначальное направление (φ =0) и под углом φ к первоначальному направлению. АВ – расстояние между штрихами – постоянная дифракционной решетки. Разность хода (Δ) между волнами от краёв соседних щелей равна отрезку АС. Линза фокусирует волны, идущие под углом φ, в одной точке (F') на фокальной плоскости, где они складываются, усиливают или ослабляют друг друга. Из рисунка видно, что

$$AC = AB \cdot \sin\varphi$$

$$AB \cdot \sin\varphi = d \cdot \sin\varphi.$$

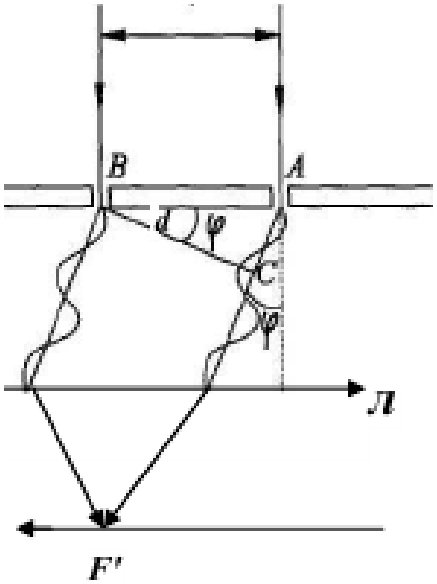

Рис 2. Ход лучей через дифракционную решётку.

Максимумы будут наблюдаться под углом определяемым условием:

$$d \cdot \sin\varphi = k \cdot \lambda$$

В направлении не отклоненных волн (φ = 0, k = 0) наблюдается нулевой максимум, являющийся центром дифракционной картины.

При k = 1 по обе стороны от нулевого максимума будут максимумы первого порядка; при к=2 – максимумы второго порядка и так далее. Дифракционная картина представляет систему чередующихся светлых и темных полос, расположенных симметрично нулевому максимуму. При освещении дифракционной решетки немонохроматическим светом (например, белым) в фокальной плоскости линзы вместо светлых полос будут видны спектры, разделенные темными промежутками.

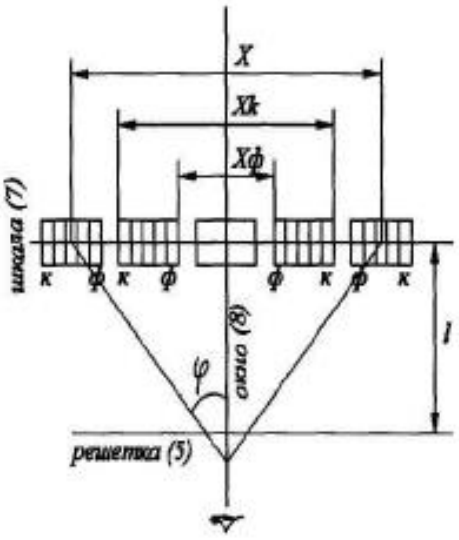

Рис 3. Дифракционная картина, наблюдаемая глазом

Обозначим через l, расстояние от дифракционной решётки до шкалы, а через x – расстояние между центром и полоской определённого цвета в различных спектрах. На рис. 3 в целях наглядности угол φ сильно преувеличен, в действительности это малый угол, т.к. x << l тогда, считая что синус и тангенс угла φ (из-за малости угла), можно получить уравнение для определения длины волны:

$$\lambda = \frac{xd}{kl}$$

Задание № 1

1. Приблизив глаз к дифракционной решётке, направляют прибор на источник света так, чтобы сквозь узкую щель была видна нить накаливания. Тогда на черном фоне по обе стороны от окна и щели будут видны дифракционные спектры, которые симметрично расположены относительно окна. Фиолетовая часть каждого спектра обращена к середине шкалы. Для решетки с периодом 0.01 мм хорошо видны две пары спектров. Более отчетливо видны первые спектры, границы вторых расплывчаты, их определить труднее. Если спектры располагаются не параллельно шкале, то это означает, что штрихи на решетке не параллельны нити накала лампы. Необходимо слегка повернуть решетку, чтобы спектры располагались параллельно шкале.
2. Ползунок с вертикальным экраном и щелью устанавливается на расстоянии l, измеряют это расстояние по шкале бруска.
3. По шкале вертикального экрана, где наблюдается дифракционная картина, определяют расстояние между крайними красными и крайними фиолетовыми частями спектра первого порядка. То же самое делают для спектра второго порядка. Результаты измерений заносят в таблицу.
4. Действия, описанные в пункте 3, проделывают для любого цвета спектра, находящего между красным и фиолетовым (цвет задаётся преподавателем).
5. Вычислить длину света для каждого цвета.

6. Повторить пункты 1 – 5 для другого расстояния между дифракционной решёткой и щелью.

№	Цвет линии	l, мм	k	x, мм	λ, нм	Δλ, нм	ε, %
1							
2							
3							

Задание № 2

1. Используя оптическую скамью и лазерный источник света с красным цветом, определите длину волны красного цвета, используя дифракционную решётку с меньшим периодом.
2. Зная длину волны красного цвета лазера, определите период неизвестной дифракционной решётки.

Для дифракционной решётки с известным периодом

№	k	x, мм	l, мм	λ, нм
1				
2				
3				

Для дифракционной решётки с неизвестным периодом

№	k	x, мм	l, мм	d, м
1				
2				
3				

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
2. В чем заключается явление дифракции?
3. Какие волны называют когерентными? Укажите источники когерентных волн, которые дают дифракционную картину в лабораторной работе.
4. С помощью чего можно получить когерентные волны?
5. Что может являться источниками вторичных плоских и сферических световых волн?
6. Условия максимумов и минимумов для дифракционной решетки.
7. Каков порядок следования цветов в дифракционных спектрах и почему? Какова окраска нулевого максимума?

В результате выполнения лабораторной работы у обучающихся формируются следующие компетенции:

– знают виды спектров от дифракционной решётки;
– умеют вычислять длину световой волны и период дифракционной решётки;
– владеют навыками лабораторного эксперимента.