

Лабораторная работа № 5.4

ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

5.4.1. Цель работы

Целью работы является изучение явления дифракции света, экспериментальное исследование закономерностей взаимодействия световых волн с дифракционной решеткой и определение расстояния от линзы до экрана.

5.4.2. Краткая теория

Дифракция света – это совокупность явлений, наблюдаемых при распространении света в неоднородных средах и связанных с отклонениями от законов геометрической оптики. Например, дифракция приводит к огибанию световыми волнами препятствий, встречающихся на их пути.

Дифракция ярко выражена, когда размер препятствия сравним с длиной волны ($h \approx \lambda$).

Строго говоря, между дифракцией и интерференцией света нет принципиального отличия. Если происходит наложение когерентных волн, испущенных источниками, расположенными дискретно, то говорят об интерференции света. Если источники расположены непрерывно, то говорят о дифракции.

Для наблюдения дифракции света используют дифракционную решетку.

Дифракционная решетка – это устройство, состоящее из большого числа узких, параллельных и равноотстоящих щелей, разделенных непрозрачными промежутками (рис. 5.4.1).



Рис. 5.4.1. Дифракционная решетка

Если ширина каждой щели a , ширина непрозрачных участков между щелями b , то величина

$$d = a + b \quad (5.4.1)$$

называется *постоянной (периодом) дифракционной решетки*.

При анализе излучения, проходящего через решетку, используют собирающую линзу и экран, который расположен в фокальной плоскости линзы на расстоянии L от нее (рис 5.4.2). На экране будет наблюдаться картина, возникающая в результате двух процессов: дифракции от каждой отдельной щели и интерференции от всех щелей. Благодаря дифракции, свет от щелей будет распространяться по всевозможным направлениям. Параллельные лучи, характеризуемые углом дифракции φ , соберутся в разных точках экрана. В зависимости от оптической разности хода будет наблюдаться усиление или ослабление света.

Из рис. 5.4.2 видно, что оптическая разность хода этих лучей

$$\Delta = (a + b) \sin \varphi = d \sin \varphi . \quad (5.4.2)$$

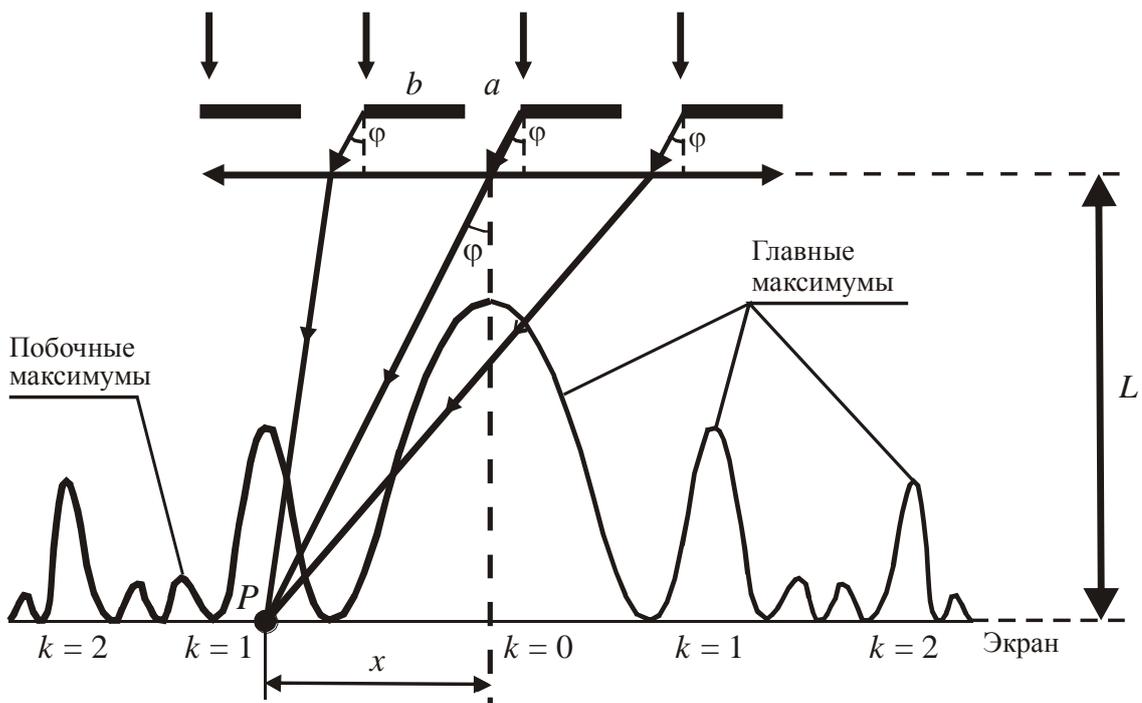


Рис 5.4.2. Дифракция света на дифракционной решетки

Волны усиливают друг друга, если выполняется условие максимума.

$$\Delta = \pm k\lambda . \quad (5.4.3)$$

Поэтому положение главных максимумов удовлетворяет условию

$$d \cdot \sin \varphi = \pm k\lambda , \quad (5.4.4)$$

где $k = 0, 1, 2, \dots$ – порядок максимума.

Положение светлой точки P на экране относительно центрального максимума ($k = 0$)

$$x = L \cdot \operatorname{tg} \varphi . \quad (5.4.5)$$

Для малых углов дифракции $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi = \frac{k\lambda}{d}$.

Тогда координата точки P

$$x = \pm \frac{L \cdot k\lambda}{d} . \quad (5.4.6)$$

5.4.3. Порядок выполнения работы

Запустите программу «Открытая физика 1.1». Выберите раздел «Оптика» и модель «Дифракционная решетка». Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Закройте окно теории, нажав кнопку с крестом в правом верхнем углу внутреннего окна.

Внимательно рассмотрите рис. 5.4.3, найдите регуляторы с движками, задающими длину волны λ и период решетки d , и запишите их в соответствующую таблицу в отчете.

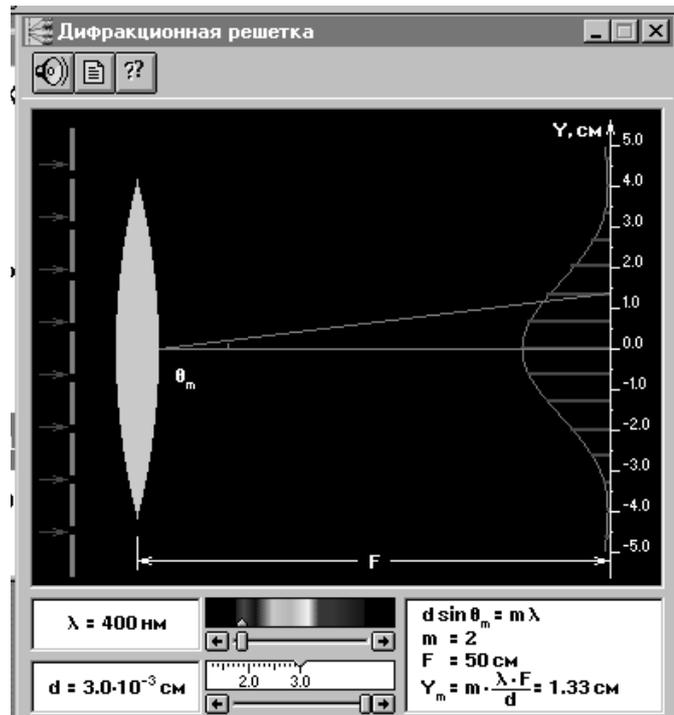


Рис. 5.4.3. Дифракционная решетка

1. Установите постоянную дифракционной решетки 20 мкм ($20 \text{ мкм} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ см}$).
2. Зацепите мышью движок регулятора длины волны монохроматического света и установите первое значение длины волны из табл. 5.4.1 для вашей бригады. Запишите установленное значение под заголовком табл. 5.4.2.
3. Щелкая левой кнопкой мыши последовательно на максимумах первого, второго и третьего порядков, запишите из окна опыта их координаты Y_{max} в табл. 5.4.2.
4. Увеличивая d на 2 мкм ($2 \text{ мкм} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ см}$), повторите измерения по п. 3.

Исходные данные

Номер бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
λ , нм	400	440	480	520	560	590	630	670

Таблица 5.4.2

Результаты измерений

$$\lambda = \text{---} \text{ нм}$$

d , мкм	20	22	24	26	28	30
$1/d$, м ⁻¹						
$Y_{\max 1}$, см						
$Y_{\max 2}$, см						
$Y_{\max 3}$, см						

5.4.4. Обработка результатов измерений

1. Вычислите и запишите в табл. 5.4.2 величину, обратную периоду дифракционной решетки ($1/d$).

2. По данным табл. 5.4.2 для каждого максимума постройте графики экспериментальных зависимостей координаты максимума от $1/d$, указав на них номер максимума.

3. По тангенсу угла наклона каждого графика определите экспериментальное значение расстояния от линзы до экрана F (см. рис. 3).

$$F = \frac{\Delta Y_{\max}}{m\lambda\Delta(1/d)}, \quad (5.4.7)$$

где m – номер максимума.

4. Вычислите среднее значение F для обеих чертежей и сравните его со значением, указанным в окне опыта.

5. Рассчитайте среднюю абсолютную и относительную погрешности (см. формулы (4) и (5)).

6. Запишите окончательный результат и сделайте вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение дифракции света.
2. Что такое дифракционная решетка, для каких целей она используется?
3. Что называется постоянной дифракционной решетки?
4. Для чего между дифракционной решеткой и экраном ставится собирающая линза?
5. Напишите формулу разности хода лучей, идущих от двух соседних щелей дифракционной решетки под одинаковым углом дифракции.
6. При каком условии наблюдаются главные максимумы?
7. Выведите формулу для расчета координаты точки P на экране, если выполняется условие максимума.