

Практическая работа № 26

Решение задач по теме «Интерференция и дифракция света»

Цель: научиться решать задачи по теме «Интерференция и дифракция света».

Место проведения: учебная аудитория.

Средства обучения:

- методические рекомендации к практической работе № 26;
- калькулятор.

Виды самостоятельной работы:

Ответы на вопросы с использованием книги.

Краткая теория

Под интерференцией света понимают такое сложение световых волн, в результате которого образуется устойчивая картина их усиления и ослабления. Для получения интерференции света необходимо выполнение определенных условий.

Интерференция света возникает от согласованных, когерентных источников, которые обеспечивают постоянную во времени разность фаз $\Delta\phi$ у слагаемых волн в различных точках. Волны, отвечающие этому условию, называют когерентными.

Произведение геометрического пути волны на показатель преломления среды, т. е. xn , называют **оптической длиной пути**, а разность этих путей

$$\delta = x_1 n_1 - x_2 n_2 \quad (4)$$

— **оптической разностью хода волн**.

Связь между разностью фаз и оптической разностью хода интерферирующих волн:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta \quad \text{или} \quad \delta = \frac{\lambda}{2\pi} \Delta\phi \quad (5)$$

Используя законы сложения колебаний и соотношение (5), получаем **условия максимума и минимума** интенсивности света при интерференции — соответственно:

$$\delta = \frac{\lambda}{2\pi} 2k\pi = k\lambda \quad (\text{max}) \quad (6)$$
$$\delta = \frac{\lambda}{2\pi} (2k + 1)\pi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (\text{min}),$$

где $k = 0, 1, 2, \dots$

Таким образом, **максимум** при интерференции наблюдается в тех точках, для которых оптическая разность хода равна целому числу волн (четному числу полуволен), **минимум** – в тех точках, для которых оптическая разность хода равна нечетному числу полуволен.

Дифракцией света называют явление отклонения света от прямолинейного распространения в среде с резкими неоднородностями. Возможность наблюдения дифракции зависит, в частности, от соотношения длины волны и размеров неоднородностей. Различают с некоторой степенью условности дифракцию сферических волн (дифракция Френеля) и дифракцию плоскопараллельных волн (дифракция Фраунгофера). Описание дифракционной картины возможно с учетом интерференции вторичных волн.

На узкую длинную щель, расположенную в плоской непрозрачной преграде MN , нормально падает плоскопараллельный пучок монохроматического света (рис. 24.10; $|AB| = a$ – ширина щели; L – собирающая линза, в фокальной плоскости которой расположен экран $\mathcal{E}$ для наблюдения дифракционной картины).

Если бы не было дифракции, то световые лучи, пройдя через щель, сфокусировались бы в точке O , лежащей на главной оптической оси линзы. Дифракция света на щели существенно изменяет явление.

Будем считать, что все лучи пучка света исходят от одного удаленного источника, следовательно, когерентны. AB есть часть волновой поверхности, каждая точка которой является центром вторичных волн, распространяющихся за щелью по всевозможным направлениям. Изобразить все эти вторичные волны невозможно, поэтому на рис. 24.10 показаны только вторичные волны, распространяющиеся под углом α к направлению падающего пучка и нормали решетки. Линза соберет эти волны в точке O' экрана, где и будет наблюдаться их интерференция. (Положение точки O' получают как пересечение с фокальной плоскостью побочной оси CO' линзы, проведенной под углом α .)

Чтобы узнать результат интерференции вторичных волн, сделаем следующие построения. Проведем перпендикуляр AD к направлению

Практически точечный источник можно расположить в фокусе линзы, не показанной на рис. 24.10, Так что от линзы будет распространяться параллельный пучок когерентных волн.

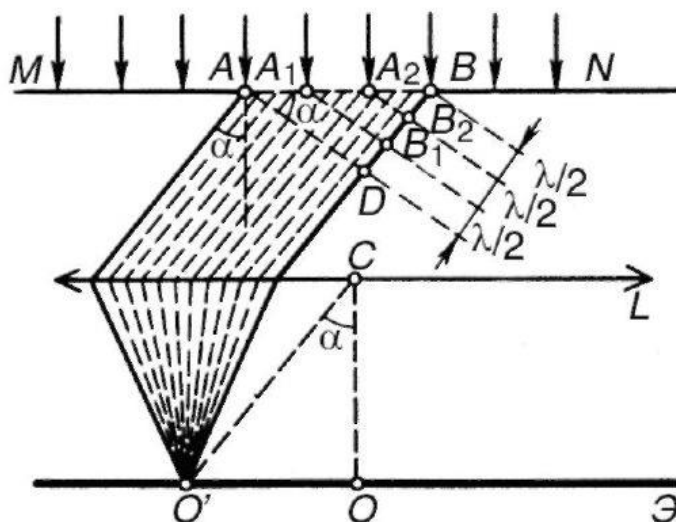


Рис. 24.10

пучка вторичных волн. Пути всех вторичных волн от AD до O' будут тау-тохронными, линза не внесет добавочной разности фаз между ними, поэтому та разность хода, которая образовалась у вторичных волн к AD , будет сохранена и в точке O' .

Разобьем BD на отрезки, равные $\lambda/2$. В случае, показанном на рис. 24.10, получено три таких отрезка: $\backslash BB_2 \backslash = \backslash B_2B_1 \backslash = \backslash B_1D \backslash = \lambda/2$. Проведя из точек B_2 и B_1 прямые, параллельные AD , разделим AB на равные зоны Френеля: $\backslash AA_1 \backslash = |AA_2| = |A_2B \backslash$. Любой вторичной волне, идущей от какой-либо точки одной зоны Френеля, можно найти в соседних зонах соответствующие вторичные волны такие, что разность хода между ними будет $\lambda/2$.

Например, вторичная волна, идущая от точки A_2 в выбранном направлении, проходит до точки O расстояние на $\lambda/2$ больше, чем волна, идущая от точки A_1 , и т.д. Следовательно, вторичные волны, идущие от двух соседних зон Френеля, погасят друг друга, так как различаются по фазе на π .

Число зон, укладывающихся в щели, зависит от длины волны λ и угла α . Если щель AB разбить при построении на нечетное число зон Френеля, а BD - на нечетное число отрезков, равных $\lambda/2$, то в точке O' наблюдается *максимум интенсивности* света:

$$|BD| = \alpha \sin \alpha = \pm (2k+1) (\lambda/2) \quad (k=1, 2, \dots). \quad (24.26)$$

Направление, соответствующее углу $\alpha = 0$, также отвечает максимуму, так как все вторичные волны придут в O в одинаковой фазе.

Если щель AB разбить на четное число зон Френеля, то наблюдается *минимум интенсивности* света:

$$\alpha \sin \alpha = \pm 2k (\lambda/2) = \pm k\lambda \quad (k = 1, 2, \dots). \quad (24.27)$$

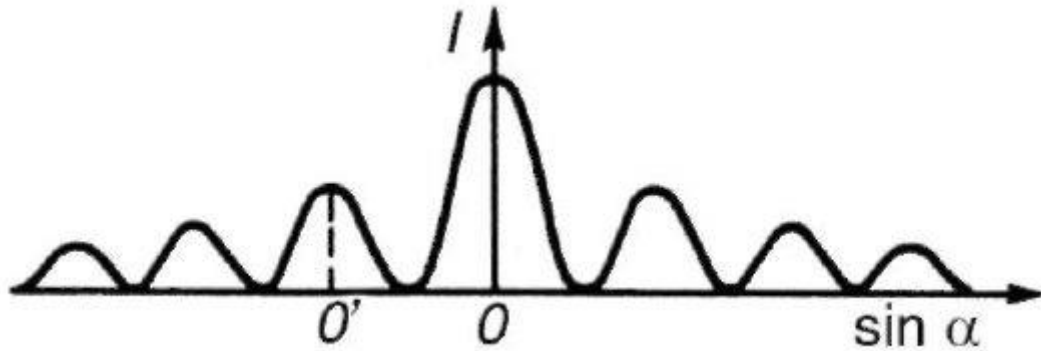


Рис. 24.11

Таким образом, на экране э получится система светлых (максимум) и темных (минимум) полос, центрам которых соответствуют условия (24.26) или (24.27), симметрично расположенных влево и вправо от центральной ($\alpha = 0$), наиболее яркой, полосы. Интенсивность i остальных максимумов убывает по мере удаления от центрального максимума (рис. 24.11).

Задания для аудиторной работы

1. Две когерентные световые волны приходят в некоторую точку пространства с разностью хода 2,25 мкм. Каков результат интерференции в этой точке, если свет: а) красный ($\lambda = 750$ нм); б) зеленый ($\lambda = 500$ нм)?

2. Расстояние S_2C (рис. 121) больше расстояния S_1C на 900 нм. Что будет в точке C , если источники имеют одинаковую интенсивность и излучают свет с частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц?

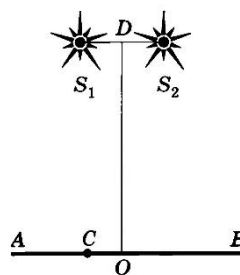


Рис. 121

3. Два когерентных источника S_1 и S_2 (рис. 121) излучают монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить, на каком расстоянии от точки O на экране будет первый максимум освещенности, если $OD = 4$ м и $S_1S_2 = 1$ мм.

Самостоятельная работа

Вариант 1

Часть А

Почему в центральной части спектра, полученного на экране при освещении дифракционной решетки белым светом, всегда наблюдается белая полоса?

Часть В

В школе есть дифракционные решетки, имеющие 50 и 100 штрихов на 1 мм. Какая из них даст на экране более широкий спектр при прочих равных условиях?

Часть С

Какого цвета будет зеленая ручка, если рассматривать ее через красный поляроид и почему?

Вариант 2

Часть А

Как изменяется картина дифракционного спектра при удалении экрана от решетки?

Часть В

Для получения на экране MN (рис. 120) интерференционной картины поместили источник света S над поверхностью плоского зеркала A на малом расстоянии от него. Объяснить причину возникновения системы когерентных световых волн.

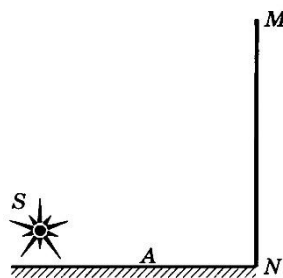


Рис. 120

Часть С

Какого цвета будет синий цветок, если рассматривать его через красный поляроид и почему?