

Группа: К3221

Студенты: Доценников Никита, Карпов Иван

Преподаватель: Попов Антон Сергеевич

К работе допущен:

Работа выполнена:

Отчет принят:

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №4.02

Определение расстояния между двумя щелями интерференционным методом

Контрольные вопросы

1. Что такое когерентность? Каким образом можно получить когерентные источники?

Когерентность – необходимое условие возникновения интерференции и определяется как постоянство разности фаз во времени. При этом такую согласованность невозможно получить от двух раздельных источников.

Для получения когерентных источников используют один источник света, излучение которого искусственно разделяют. Интерференционные схемы реализуются при наличии одного источника, свет от которого различными способами разделяется на два пучка, которые должны пройти различное расстояние до точки сложения. Существует два основных способа получения когерентных волн: схема, построенная на основе деления волнового фронта, и схема, построенная на методе деления амплитуды.

В случае деления волнового фронта складываются два участка одного волнового фронта, выделенных с помощью отверстий, зеркал, призм и т.д.

При делении амплитуды разделение излучения производится путем частичного отражения и частичного пропускания света на границе раздела двух сред с дальнейшим сложением этих частей, прошедших различные оптические пути.

2. Чем можно объяснить наличие максимума по центру интерференционной картины?

В центральной точке экрана разность хода волн от двух щелей равна нулю, и волны складываются в фазе.

Волны проходят различные расстояния и имеют разность хода

$$\Delta = r_2 - r_1$$

Для центральной точки интерференционной картины расстояния от обеих щелей одинаковы, поэтому $\Delta = 0$. В этом случае выполняется условие максимума:

$$\Delta = m\lambda,$$

где m – целое число, то в точке D наблюдается интерференционный максимум, поскольку излучение от двух щелей складывается в фазе.

При $m = 0$ разность хода равна нулю, что соответствует центральному максимуму интерференционной картины.

3. Сформулируйте условия возникновения максимумов и минимумов при интерференции через разность хода.

Интерференция обусловлена тем, что волны проходят различные расстояния и имеют разность хода

$$\Delta = r_2 - r_1.$$

Интерференционный максимум возникает, если разность хода равна целому числу длин волн:

$$\Delta = m\lambda$$

Интерференционный минимум возникает, если разность хода равна полуцелому числу длин волн:

$$\Delta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda.$$

4. Сформулируйте условия возникновения максимумов и минимумов при интерференции через разность фаз.

Интерференционный максимум возникает в той точке пространства, где волны приходят в фазе, то есть когда разность фаз между ними кратна 2π :

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi m, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

В этом случае происходит сложение амплитуд в фазе, и интенсивность света максимальна.

Интерференционный минимум возникает в той точке пространстве, где волны приходят в противофазе, то есть когда разность фаз между ними равна нечетному числу π :

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = (2m + 1)\pi, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

В этом случае волны складываются в противофазе, и интенсивность света минимальна.

5. Как изменится вид интерференционной картины в опыте Юнга при увеличении расстояния между щелями?

Зависимость для ширины интерференционной полосы определяется по формуле:

$$\Delta x = x_{m+1} - x_m = \frac{\lambda}{d} \cdot L,$$

где d – расстояние между щелями, λ – длина волны света, L – расстояние от объекта с двумя щелями до экрана. Соответственно, если мы увеличиваем d , то ширина интерференционной полосы Δx уменьшается. То есть полосы сжимаются.

6. Как изменится вид интерференционной картины в опыте Юнга при увеличении расстояния L до экрана?

Зависимость для ширины интерференционной полосы определяется по формуле:

$$\Delta x = x_{m+1} - x_m = \frac{\lambda}{d} \cdot L,$$

где d – расстояние между щелями, λ – длина волны света, L – расстояние от объекта с двумя щелями до экрана. Соответственно, если мы увеличиваем L , то ширина интерференционной полосы Δx увеличивается. То есть полосы расширяются.

7. Что называется контрастом интерференционной картины?

Количественно контраст характеризуется видностью полос:

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

где I_{\max} и I_{\min} - максимальная и минимальная интенсивность интерференционных полос в плоскости наблюдения. Интенсивность интерференционной картины, образованной двумя пучками, записывается как

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1),$$

где I_1 – интенсивность первого интерферирующего пучка в точке наблюдения, если второй пучок отсутствует, I_2 – интенсивность второго интерферирующего пучка в той же точке наблюдения, если первый пучок отсутствует, φ_1 – фаза волны первого пучка в точке наблюдения, φ_2 – фаза волны второго пучка в точке наблюдения.

Контраст характеризует степень различия между максимумами и минимумами интенсивности и определяет, насколько отчётливо наблюдаются интерференционные полосы.

8. Почему для наблюдения наиболее контрастной интерференционной картины необходимо равенство амплитуд складывающих волн?

Интенсивность интерференционной картины двух волн рассчитывается по формуле:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1),$$

где I_1 и I_2 - интенсивности отдельных волн, которые пропорциональны квадратам амплитуд A_1^2 и A_2^2 . φ_1 и φ_2 - фазы волн в точке наблюдения.

Интерференционный член $2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$ отвечает за усиление или ослабление света в зависимости от фазы. Его максимальное значение достигается при $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 1$ и произведение $A_1 A_2$ максимально при $A_1 + A_2 = \text{const}$ если $A_1 = A_2$.

В результате разность $I_{\max} - I_{\min}$ максимальна, а значит, контраст интерференционной картины наибольший.

9. Как изменится вид интерференционной картины в опыте Юнга при изменении длины волны источника, с которым проводится опыт?

Зависимость для ширины интерференционной полосы определяется по формуле:

$$\Delta x = x_{m+1} - x_m = \frac{\lambda}{d} \cdot L,$$

где d – расстояние между щелями, λ – длина волны света, L – расстояние от объекта с двумя щелями до экрана. Соответственно, если мы изменяем λ , то ширина интерференционной полосы Δx изменяется прямо пропорционально. То есть если λ увеличивается, полосы расширяются, а если уменьшается – сжимаются.

10. Как будет меняться интерференционная картина? Если первое отверстие в опыте Юнга постепенно делать больше?

Если первое отверстие увеличивать, ширина интерференционных полос не меняется:

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}.$$

Интенсивность интерференционной картины:

$$I(x) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1),$$

где $I_1 = A_1^2$, $I_2 = A_2^2$.

При увеличении щели, A_1 распределяется по ширине, интерференционный член уменьшается, максимумы и минимумы становятся менее выраженным.

Контраст интерференционной картины:

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

уменьшается при увеличении щели.

Таким образом, ширина полос не изменяется, но полосы становятся размытыми.