

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2_4 ДИФРАКЦИЯ И ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

Ю.В.Тихомиров

Ознакомьтесь с теорией в конспекте, учебнике (Савельев, т.2, §119,125-127,129,130) и в программе PHYSICS\BOOKS.exe компьютера (кнопки «Оптика», «Интерференция», «Физика»).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- Знакомство с моделированием процесса сложения когерентных электромагнитных волн.

- Экспериментальное исследование закономерностей взаимодействия световых волн от двух источников (щелей).

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ:

Между ДИФРАКЦИЕЙ и ИНТЕРФЕРЕНЦИЕЙ нет существенных физических различий. Оба явления заключаются в перераспределении в пространстве энергии светового потока, возникающем в результате суперпозиции волн.

КОГЕРЕНТНОСТЬЮ называется согласованное протекание нескольких колебательных или волновых процессов.

КОГЕРЕНТНЫМИ называются волны, для которых разность фаз возбуждаемых ими колебаний остается постоянной во времени. Когерентными являются гармонические волны с кратными частотами.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЕЙ называется устойчивое перераспределение интенсивности, возникающее в результате суперпозиции волн, возбуждаемых конечным количеством дискретных когерентных источников волн.

ДИФРАКЦИЕЙ называется устойчивое перераспределение интенсивности, возникающее в результате суперпозиции волн, возбуждаемых расположенными непрерывно когерентными источниками волн. Одним из проявлений дифракции является распространение волны в область геометрической тени, т.е. туда, куда не попадают световые лучи.

ПРИНЦИП ГЮЙГЕНСА: каждый элемент волновой поверхности является источником вторичной сферической волны, а волна в любой точке перед этой поверхностью (с другой стороны от поверхности, нежели реальный источник волны) может быть найдена как результат суперпозиции волн, излучаемых указанными вторичными источниками.

ЗОНАМИ ФРЕНЕЛЯ называются такие участки на поверхности волнового фронта, для которых излучение от двух соседних участков при сложении дает практически нулевой (минимальный) результат (излучение от двух соседних зон Френеля компенсируется). Расстояния от краев каждой зоны до точки наблюдения отличаются на $\lambda/2$.

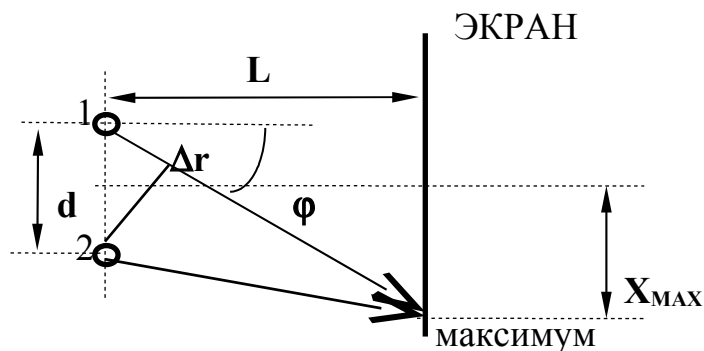
Величина напряженности электрического поля dE электромагнитной волны (ЭМВ), излучаемой элементарным участком площадью dS волновой поверхности в точке наблюдения, расположенной на расстоянии r от этого участка,

равна $dE = K \frac{a_0 dS}{r} \cos(\omega t - kr + \alpha_0)$, где множитель a_0 определяется амплитудой светового колебания в том месте, где расположена площадка dS , коэффициент K зависит от угла между нормалью к площадке dS и направлением на точку наблюдения, $k = 2\pi/\lambda$ - волновое число.

Аналогичная формула будет справедлива для любого точечного источника гармонической волны.

Для двух точечных источников (см. рисунок), расположенных на расстоянии d друг от друга на линии, параллельной экрану, отстоящему от линии источников (1 и 2) на расстоянии L , максимум при интерференции волн на экране наблюдается при условии, что разность хода Δr волн, приходящих в данную точку, кратна длине волны: $\Delta r = m\lambda$ ($m=0,1,2,\dots$).

Формула связи $d \sin(\varphi) = m\lambda$ для первого максимума и при большом расстоянии до экрана $L \gg d$, когда $\sin(\varphi) \approx \tan(\varphi) \approx \frac{X_{\text{MAX}}}{L}$, преобразуется так: $\frac{X_{\text{MAX}} d}{L} = \lambda$, откуда $X_{\text{MAX}} = \lambda L \frac{1}{d}$.



Зарисуйте необходимое с экрана в свой конспект лабораторной работы.



Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

1. Подведите маркер мыши к вертикальной черте на линии спектра, нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, двигайте вертикальную полосу, установив числовое значение длины волны λ_1 , взятое из таблицы 1 для вашей бригады.

2. Аналогичным образом, зацепив мышью движок регулятора расстояния между щелями, установите минимальное значение $d = 1$ мм. Измерьте, используя шкалу на экране, расстояние X_{MAX} между нулевым и первым максимумами и запишите в таблицу 2. Увеличивая d каждый раз на 0.3 мм, измерьте еще 9 значений расстояния X_{MAX} .

3. Устанавливая новые числовые значения длины волны λ , из таблицы 1 для вашей бригады, повторите измерения по п.2, записывая результаты в таблицы 3,4,5.

ТАБЛИЦА 1. Примерные значения длины волны (не перерисовывать)

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
λ_1	400	405	410	415	420	425	430	435
λ_2	500	505	510	515	520	525	530	535
λ_3	580	585	590	595	600	605	610	615
λ_4	630	635	640	645	650	655	660	665

ТАБЛИЦЫ 2-5. Результаты измерений при $\lambda =$ _____ нм

d[мм]									
X_{MAX} [мм]									
1/d [мм ⁻¹]									

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА:

1. Рассчитайте и внесите в таблицы значения обратного расстояния между щелями.

2. Постройте на одном рисунке графики экспериментальных зависимостей смещения первого максимума X_{MAX} от обратного расстояния между щелями (указав на них длину волны λ).

3. Для каждой линии определите по графику экспериментальное значение L , используя формулу
$$L = \frac{\Delta(X_{\text{MAX}})}{\lambda \cdot \Delta\left(\frac{1}{d}\right)}.$$

4. Рассчитайте среднее значение экспериментально полученного L и абсолютную ошибку измерений.

5. Запишите ответ и проанализируйте ответы и графики.

Вопросы и задания для самоконтроля по работе 2_4

1. Что такое волна?
2. Что такое гармоническая волна?
3. Что такое длина волны?
4. Напишите математическое условие того, что функция $f(x,t)$ описывает волну.
5. Что определяет форму волны и направление ее распространения?
6. Напишите математическую функцию, определяющую одномерную гармоническую волну, распространяющуюся в положительном направлении оси Ox .
7. Что такое когерентность?
8. Дайте определение когерентных волн.
9. Дайте определение явления интерференции.
10. Дайте определение явления дифракции.
11. Что такое волновая поверхность?
12. Сформулируйте принцип Гюйгенса.
13. Дайте определение зон Френеля.
14. Напишите формулу для напряженности электрического поля dE электромагнитной волны (ЭМВ), излучаемой элементарным участком площадью dS волновой поверхности в точке наблюдения, расположенной на расстоянии r от этого участка. Поясните рисунком.
15. Что такое разность хода двух гармонических волн, излучаемых двумя источниками.
16. При какой разности хода двух волн при их сложении наблюдается максимум?
17. При какой разности хода двух волн при их сложении наблюдается минимум?