

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4.4**

### **Дифракция и интерференция**

Ознакомьтесь с теорией в конспекте, учебнике (Трофимова Т.И. § 172, 173, Савельев И.В. Т. 2, с. 119, 125–127, 129, 130). Запустите программу. Выберите «Оптика» и «Интерференционный опыт Юнга». Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Необходимое запишите в свой конспект. Если вы забыли, как работать с системой компьютерного моделирования, прочитайте ВВЕДЕНИЕ, с. 4, еще раз.

#### **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: это модель распространения волн в пространстве, 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. рис. 1), 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  $\Delta r$  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

$$\sin(\varphi) \approx \text{tg}(\varphi) \approx \frac{X_{MAX}}{L},$$

преобразуется так:

$$\frac{X_{MAX} d}{L} = \lambda,$$

откуда  $X_{MAX} = \lambda L \frac{1}{d}$ .

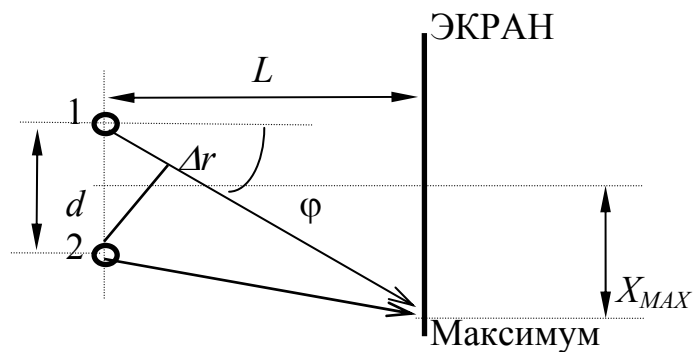


Рис. 1

## МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

Закройте окно теории. Внимательно рассмотрите рис. 2, найдите все регуляторы и другие основные элементы и зарисуйте их в конспект.

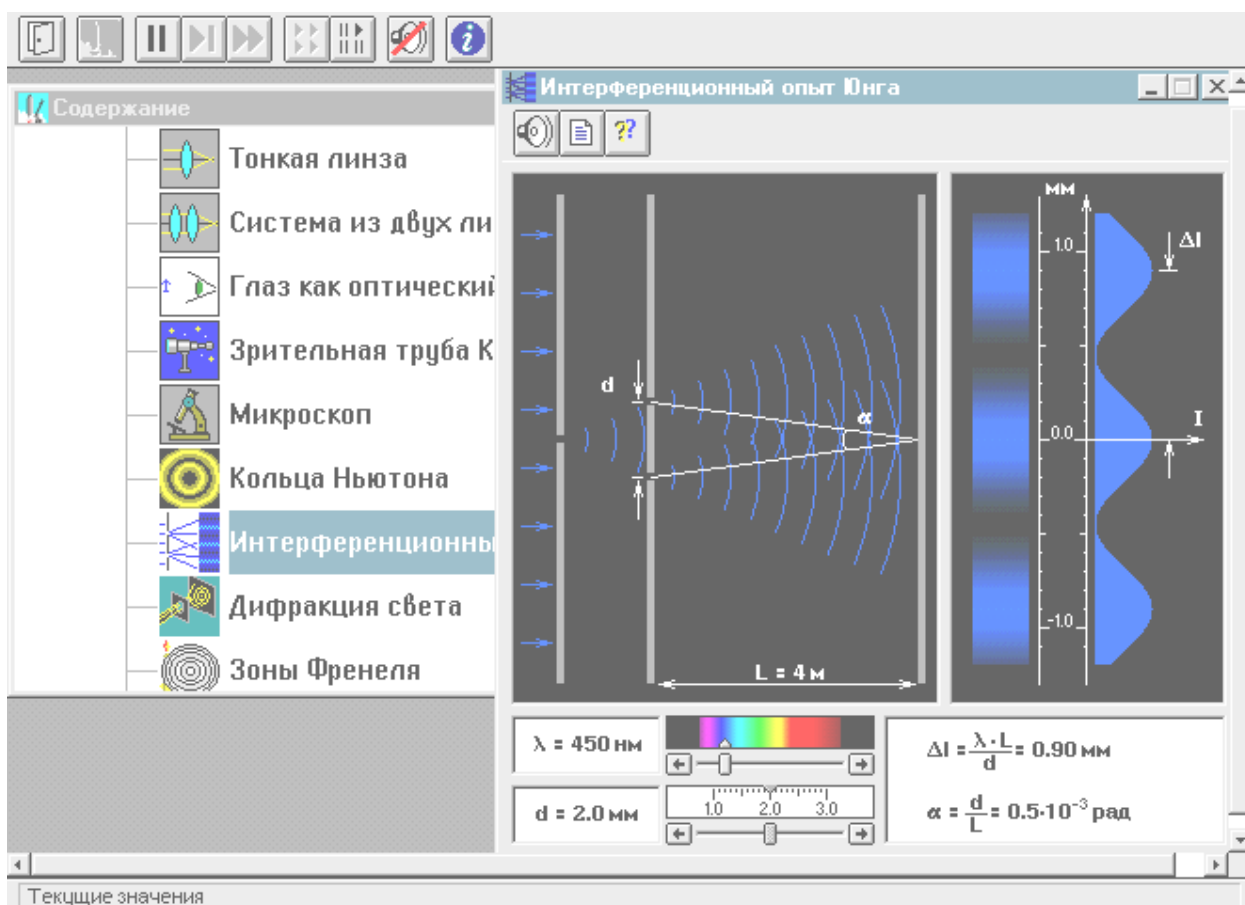


Рис. 2

Зарисуйте необходимое с экрана в свой конспект лабораторной работы.  
**Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.**

### ИЗМЕРЕНИЯ

1. Подведите маркер мыши к движку регулятора вблизи картинке спектра, нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, двигайте движок, установив числовое значение длины волны  $\lambda_1$ , взятое из табл. 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 по форме 1. Увеличивая  $d$  каждый раз на 0,3 мм, измерьте еще 9 значений расстояния  $X_{MAX}$ .

3. Устанавливая новые числовые значения длины волны  $\lambda$ , из табл. 1 для вашей бригады, повторите измерения по п. 2, записывая результаты в таблицу по форме 1.

Таблица 1

Примерные значения длины волны (не перерисовывать)

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda_1$	400	405	410	415	420	425	430	435
$\lambda_2$	500	505	510	515	520	525	530	535
$\lambda_3$	580	585	590	595	600	605	610	615
$\lambda_4$	630	635	640	645	650	655	660	665

Форма 1

Результаты измерений при  $\lambda = \underline{\hspace{2cm}}$  нм

$D$ , мм										
$X_{MAX}$ , мм										
$1/X_{MAX}$ , мм <sup>-1</sup>										

## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

1. Рассчитайте и внесите в таблицу по форме 1 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  $\lambda$ ).

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

4. Рассчитайте среднее значение экспериментально полученного произведения  $\lambda L$  и абсолютную ошибку измерений данного произведения.

5. Запишите ответ и проанализируйте ответы и графики.

## Вопросы и задания для самоконтроля

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?