

Лабораторная работа № 5.2

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ ОПЫТ ЮНГА

5.2.1. Цель работы

Целью работы является знакомство с моделированием процесса наложения когерентных электромагнитных волн, изучение закономерностей взаимодействия световых волн от двух источников (щелей) и экспериментальное определение расстояния от щелей до экрана.

5.2.2. Краткая теория

Интерференция света – это перераспределение светового потока в пространстве при наложении двух или нескольких когерентных волн с образованием максимумов и минимумов интенсивности света.

Когерентными называются волны, имеющие одинаковую частоту и постоянную разность фаз, не изменяющуюся с течением времени.

Волны, излучаемые реальными источниками света (исключение – лазеры), не являются когерентными. Для получения когерентных световых волн применяют метод разделения волны, излучаемой одним источником, на две части, которые после прохождения разных оптических путей накладываются друг на друга, и наблюдают интерференционную картину.

Одним из методов наблюдения интерференции является метод Юнга (рис. 5.2.1).

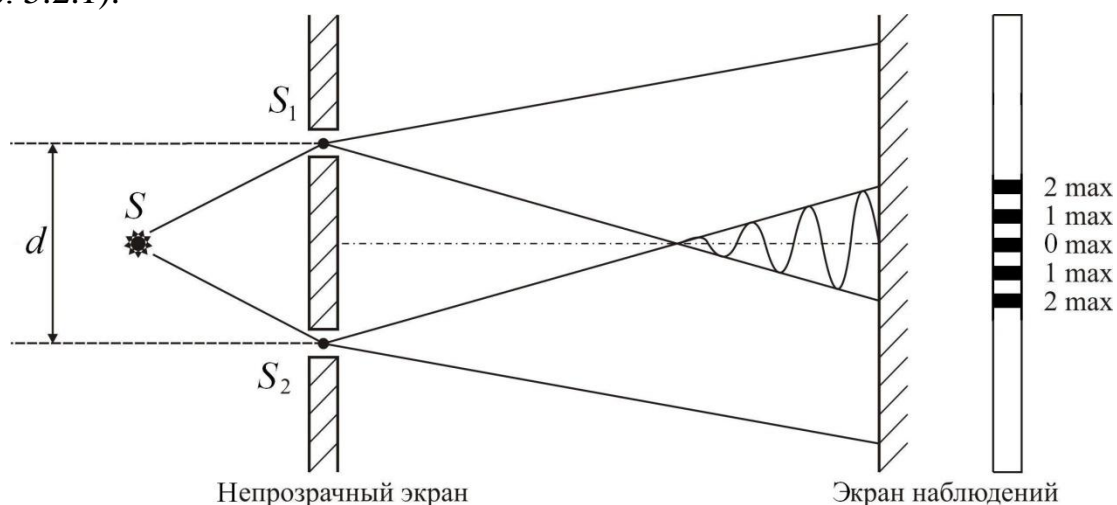


Рис. 5.2.1. Метод Юнга

Свет от некогерентного точечного источника света S попадает на непрозрачный экран с двумя узкими щелями, расположенными на расстоянии d (см. рис. 5.2.1). Эти щели являются когерентными источниками S_1 и S_2 . В пространстве происходит перекрытие световых пучков от этих источников. На экране наблюдений в зависимости от оптической разности хода волн наблюдается чередование максимумов и минимумов освещенности.

Максимум при интерференции волн наблюдается на экране при условии, что оптическая разность хода Δ волн, приходящих в некоторую точку A экрана, равна целому числу длин волн в вакууме или четному числу длин полуволн.

$$\Delta = k\lambda = 2k \frac{\lambda}{2}, \quad (5.2.1)$$

где $k = 0, 1, 2, \dots$ (любое целое число);

λ – длина волны в вакууме.

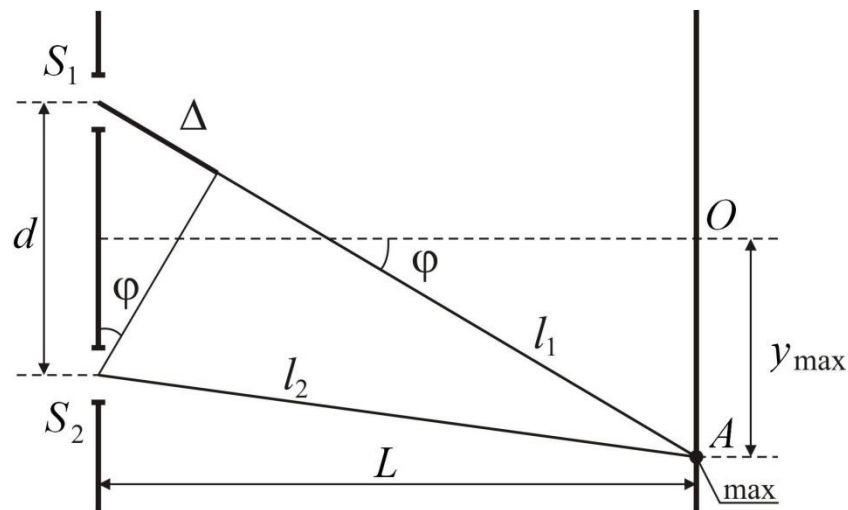


Рис. 5.2.2. К расчету интерференционной картины

Оптическая разность хода лучей от когерентных источников S_1 и S_2 равна разности геометрических путей l_1 и l_2 , умноженной на абсолютный показатель n преломления среды (рис. 5.2.2)

$$\Delta = (l_1 - l_2)n . \quad (5.2.2)$$

В опыте Юнга распространение световых волн происходит в воздухе и оптическая разность их хода равна геометрической, так как $n = 1$.

Из рис. 5.2.2 видно, что

$$\Delta = d \cdot \sin(\varphi) . \quad (5.2.3)$$

Так как расстояние от щелей до экрана $L \gg d$, а угол φ мал, то

$$\sin(\varphi) \approx \text{tg}(\varphi) \approx \frac{y_{\max}}{L} , \quad (5.2.4)$$

где y_{\max} – координата максимума, отсчитываемая от центра интерференционной картины.

Тогда с учетом выражений (5.2.1) и (5.2.3) при $k = 1$

$$\frac{d \cdot y_{\max}}{L} = \lambda , \quad (5.2.5)$$

откуда

$$y_{\max} = \frac{\lambda \cdot L}{d} . \quad (5.2.6)$$

5.2.3. Порядок выполнения работы

Запустите программу «Открытая физика 1.1». Выберите раздел «Оптика» и модель «Интерференционный опыт Юнга». 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. 5.2.3, найдите регуляторы с движками, задающими длину волны λ , расстояние между щелями d , и запишите их в соответствующую таблицу в отчете.

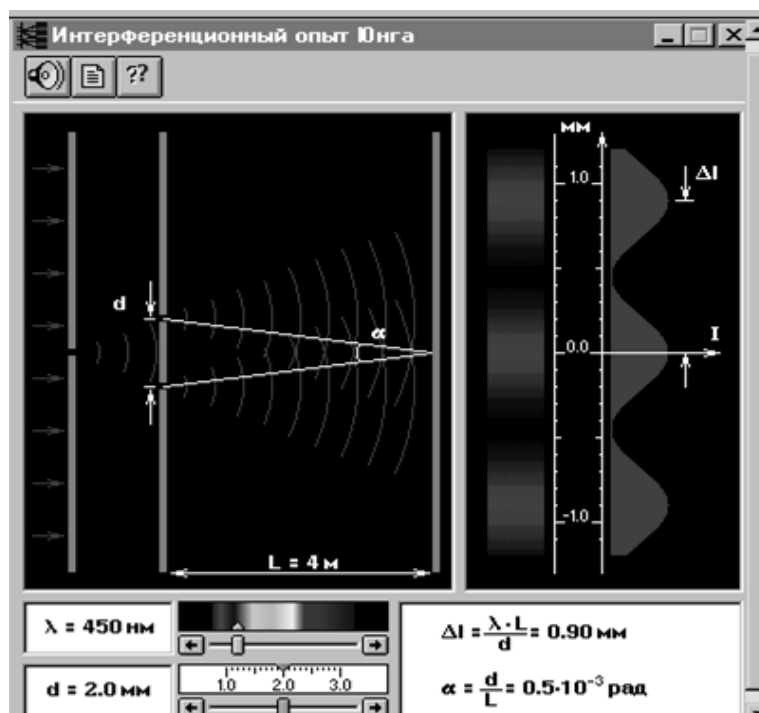


Рис. 5.2.3. Интерференционный опыт Юнга

1. Подведите маркер мыши к движку регулятора длины волны, и, удерживая левую кнопку мыши в нажатом состоянии, перемещайте движок и установите числовое значение длины волны λ_1 , взятое из табл. 5.2.1 для вашей бригады. Запишите это значение табл. 5.2.2.

2. Аналогичным образом, зацепив мышью движок регулятора расстояния между щелями, установите первое значение d , взятое из табл. 5.2.2. Запишите в эту же таблицу расстояние $y_{\max 1}$ между нулевым и первым максимумами (обозначено как ΔI в окошке опыта).

3. Повторите измерения для всех других значений d из табл. 5.2.2.

4. Установите числовое значение длины волны λ_2 , взятое из табл. 5.2.1 для вашей бригады и запишите это значение в табл. 5.2.2.

5. Повторите измерения по п. 2, 3 и запишите результаты в табл. 5.2.2.

6. Установите числовое значение длины волны λ_3 , взятое из табл. 5.2.1 для вашей бригады и запишите это значение в табл. 5.2.2.

7. Повторите измерения по п. 2, 3 и запишите результаты в табл. 5.2.2.

Исходные данные

Номер бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
λ_1	400	410	420	430	440	450	460	470
λ_2	500	510	520	530	540	550	560	570
λ_3	600	610	620	630	640	650	660	670

Таблица 5.2.2

Результаты измерений и расчетов

d , мм	$\lambda_1 = \text{_____}$ нм	$\lambda_2 = \text{_____}$ нм	$\lambda_3 = \text{_____}$ нм	$1/d$, мм ⁻¹
	$y_{\max 1}$, мм	$y_{\max 1}$, мм	$y_{\max 1}$, мм	
1,0				
1,3				
1,6				
1,9				
2,1				
2,4				
2,7				
3,0				

5.2.4. Обработка результатов измерений

1. Рассчитайте и внесите в табл. 5.2.2 величину, обратную расстоянию между щелями ($1/d$).

2. Постройте на одном рисунке графики экспериментальных зависимостей координаты первого максимума y_{\max} от обратного расстояния между щелями для всех длин волн, указав на них соответствующее значение λ .

3. Для каждой линии определите по графику экспериментальное значение расстояния L от щелей до экрана (см. рис. 3), используя формулу

$$L = \frac{\Delta(y_{\max})}{\lambda \Delta(1/d)}. \quad (5.2.8)$$

4. Рассчитайте среднее значение из экспериментально полученных значений L и сравните его с указанным значением в окне опыта.

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

6. Запишите ответ с соблюдением правил и вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется интерференцией?

2. Дайте определение когерентных волн.

3. В чем заключается опыт Юнга?

4. Что такое геометрическая и оптическая разности хода волн?

5. Сформулируйте условие, при выполнении которого наблюдается интерференционный максимум.

6. Чему равно расстояние между соседними светлыми интерференционными полосами в опыте Юнга?