



ИЗУЧЕНИЕ ДИФРАКЦИИ СВЕТА

Лабораторная работа № 5.12

МОСКВА 2005

В работе используются: оптическая скамья, ртутная лампа, монохроматор, щели с регулируемой шириной, рамка с вертикальной нитью, двойная щель, микроскоп на поперечных салазках с микрометрическим винтом, зрительная труба.

В работе исследуется дифракция Френеля и Фраунгофера, изучается влияние дифракции на разрешающую способность оптических инструментов. Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с теорией дифракции, методом зон Френеля и векторной диаграммой Корню (см., например, [1]).

А. Дифракция Френеля

Схема установки для наблюдения дифракции Френеля представлена на рис. 1. Световые лучи освещают щель S_2 и испытывают на ней дифракцию. Дифракционная картина рассматривается с помощью микроскопа М, сфокусированного на некоторую плоскость наблюдения П.

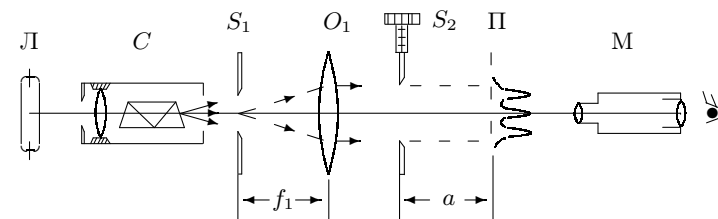


Рис. 1. Схема установки для наблюдения дифракции Френеля

Щель S_2 освещается параллельным пучком монохроматического света с помощью коллиматора, образованного объективом O_1 и щелью S_1 , находящейся в его фокусе. На щель S_1 сфокусировано изображение спектральной линии, выделенной из спектра ртутной лампы Л при помощи простого монохроматора С, в котором используется призма прямого зрения.

Распределение интенсивности света в плоскости наблюдения П проще всего рассчитывать с помощью зон Френеля (для щели их иногда называют зонами Шустера). При освещении щели S_2 параллельным пучком лучей (плоская волна) зоны Френеля представляют собой полосы, параллельные краям щели (рис. 2). Результирующая амплитуда в точке наблюдения определяется суперпозицией колебаний от тех зон Френеля, которые не перекрыты створками щели. Графическое определение результирующей амплитуды производится с помощью векторной диа-

граммы — спирали Корню. Суммарная ширина m зон Френеля z_m определяется соотношением

$$z_m = \sqrt{am\lambda}, \quad (1)$$

где a — расстояние от щели до плоскости наблюдения (рис. 1), а λ — длина волны (см., например, [1] или [2]).

Вид наблюдаемой дифракционной картины определяется *числом Френеля* Φ : квадрат числа Френеля

$$\Phi^2 = \frac{D}{\sqrt{a\lambda}}$$

— это отношение ширины щели D к размеру первой зоны Френеля, т.е. число зон Френеля, которые укладываются на ширине щели. Обратную величину называют *волновым параметром*

$$p = \frac{1}{\Phi^2} = \frac{\sqrt{a\lambda}}{D}.$$

Дифракционная картина отсутствует, когда плоскость наблюдения Π совпадает с плоскостью щели: при $\Phi \rightarrow \infty$ мы имеем дело с геометрической оптикой. При небольшом удалении от щели, когда число Френеля $\Phi \gg 1$ (на щели укладывается огромное число зон), распределение интенсивности света за щелью также можно получить с помощью законов геометрической оптики (приблизённо). Дифракционная картина в этом случае наблюдается только в узкой области на границе света и тени у краёв экрана.

При последующем небольшом удалении от щели (или изменении ширины щели S_2) эти две группы дифракционных полос перемещаются практически независимо друг от друга. Каждая из этих групп образует картину дифракции Френеля на краю экрана. Распределение интенсивности при дифракции света на краю экрана может быть найдено с помощью спирали Корню.

При дальнейшем увеличении расстояния a (или уменьшении ширины щели S_2) обе системы дифракционных полос постепенно сближаются и, наконец, при $\Phi \gtrsim 1$ накладываются друг на друга. Распределение интенсивности в плоскости наблюдения в этом случае определяется числом зон Френеля, укладывающихся на полуширине щели. Если это число равно m , то в поле зрения наблюдается $n = m - 1$ тёмных полос. Таким образом, по виду дифракционной картины можно оценить число зон Френеля на полуширине щели.

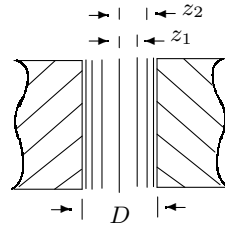


Рис. 2. Зоны Френеля в плоскости щели

ЗАДАНИЕ

В этом упражнении предлагается исследовать дифракцию Френеля на узкой щели, на краю экрана, на тонкой нити.

I. Подготовка приборов к работе

1. Соберите схему согласно рис. 1. Для этого включите ртутную лампу, поставьте входную щель S_1 за монохроматором и сфокусируйте на неё зелёную линию спектра. Откройте щель пошире и с помощью экрана или листа белой бумаги проверьте, что луч идёт вдоль оптической скамьи.
2. Для освещения *параллельным пучком* щели S_2 (щель с микрометрическим винтом!) установите линзу O_1 на расстоянии от щели S_1 , близком к фокусному (оно указано на оправе линзы). Точная настройка пучка на параллельность осуществляется с помощью зрительной трубы, настроенной на бесконечность.
3. Для *настройки зрительной трубы на бесконечность* сначала настройте её окуляр: поворотом глазной линзы добейтесь появления в поле зрения чёткого изображения окулярной шкалы или креста; затем вращением винта кремальеры найдите чёткое изображение удалённого объекта (окно в конце коридора). Запомните показания винта кремальеры, чтобы исключить случайный сбой настройки.
4. Поставьте зрительную трубу за линзой O_1 . Убедитесь, что пучок света проходит через центр линзы и попадает на центр объектива зрительной трубы.
5. Слегка перемещая линзу O_1 вдоль оси системы, найдите в окуляре зрительной трубы резкое изображение входной щели S_1 . Закрепите входную щель и линзу на оптической скамье.
6. *Определите нуль микрометрического винта* щели S_2 : глядя сквозь щель на окно или лампу накаливания, определите момент её открытия. Повторите эту процедуру несколько раз, вращая винт всё медленнее, и зафиксируйте новое значение нуля. Максимальная ширина щели — 0,4 мм, один оборот винта — 100 дел — соответствует 0,1 мм (цена деления — 0,001 мм). Установите ширину щели 0,2–0,3 мм.

Поставьте щель S_2 за линзой O_1 и закрепите.

6. *Сфокусируйте микроскоп на щель S_2* . Для этого сначала, глядя в окуляр микроскопа, убедитесь, что окулярная шкала видна чётко. Если нет — подстройте окуляр под свой глаз: вытаскив окуляр из тубуса, направьте его на любой яркий объект (лампу, окно) и поворотом глазной линзы (перемещением её вдоль оси окуляра) добейтесь чёткого видения окулярной шкалы. Настроив окуляр, поставьте его на место.

Предметная плоскость микроскопа расположена практически в фокусе его объектива (обычно это 2–4 см). Поставьте микроскоп за щелью S_2

так, чтобы указатель продольного перемещения салазок микроскопа был расположен со стороны окуляра. Убедитесь с помощью экрана, что световой пучок попадает на объектив.

Перемещая микроскоп вдоль оптической оси, найдите в окуляре резкое изображение щели S_2 . Проверьте, что при небольшом удалении микроскопа от щели *на ярком фоне изображения щели* (сначала около краёв) появляются узкие тёмные полосы, количество которых уменьшается по мере удаления микроскопа (дифракция в ближней волновой зоне).

- Методом последовательных приближений попытайтесь увеличить *контрастность картины*. Она зависит от ширины щели S_1 (при уменьшении щели растёт контрастность, но падает яркость), от центрировки линзы O_1 , от равномерности освещения щелей и их параллельности.

II. Измерения

- Добившись наибольшей чёткости дифракционной картины, снова найдите резкое изображение щели (чёткие края без дифракционных полос). Запишите начальное положение микроскопа — координату по шкале продольной линейки, расположенной на оптической скамье.

Если тубус микроскопа закреплен на подставке с продольной шкалой, зафиксируйте начальное положение микроскопа по этой шкале.

- Постепенно отодвигая микроскоп от щели S_2 , заметьте по шкале положение микроскопа, при котором на фоне щели видна одна темная полоса. Смещение микроскопа от первоначального положения (от резкого изображения щели) даёт величину a — расстояние от щели до плоскости наблюдения [см. рис. 1 и формулу (1)]. Если это расстояние меньше двух см, следует увеличить ширину щели S_2 и снова поработать над контрастностью картины (см. п. 7).

Приближая микроскоп к щели, снимите зависимость координаты микроскопа от числа n наблюдаемых тёмных полос. При хорошей настройке можно увидеть 4–5 полос.

- Измерьте ширину D щели S_2 , используя микрометрический винт поперечных салазок микроскопа (один оборот винта — 100 дел. — 1 мм). Освещённость изображения увеличится, если осветить щель настольной лампой.

Сравните результат с показаниями микрометрического винта щели S_2 . В случае заметного расхождения (причиной может быть люфт) откройте щель пошире и снова сравните результаты измерения ширины. Влияние люфта можно исключить, если при измерениях вращать винт в одну сторону.

III. Качественные наблюдения

Вновь сфокусируйте микроскоп на щель. При небольшом удалении микроскопа от щели у её краёв появляются узкие частые полосы. Это *дифракция на краю экрана*. Обратите внимание, что возле границы щели расположена самая яркая светлая полоса.

- Закрепите микроскоп на оптической скамье и проследите за изменением дифракционной картины при уменьшении ширины щели S_2 . Опишите результат.
- Для исследования *дифракции Френеля на препятствии* поставьте вместо щели S_2 рамку с тонкой вертикальной нитью. Настройте микроскоп на резкое изображение нити. Убедитесь, что при удалении микроскопа от нити на её фоне всегда наблюдается чётное число тёмных дифракционных полос (светлый центр).

IV. Обработка результатов

- Сравните размер зон Френеля с измеренной шириной D щели S_2 . Для этого свяжите число тёмных полос n в поле зрения с числом зон Френеля m на полуширине щели, рассчитайте величину $2z_m$ по формуле (1) и постройте график $2z_m = f(m)$. Отложите на графике величину D . Длина волны зелёной линии ртути $\lambda = 5461 \text{ \AA}$.
- Нарисуйте качественный график распределения интенсивности на границе света и тени при дифракции на краю экрана. С помощью спирали Корню сравните интенсивности на краю экрана и вдали от него.
- Объясните с помощью зон Френеля, как связано видимое число тёмных полос с шириной щели.

Б. Дифракция Фраунгофера на щели

Картина дифракции резко упрощается, когда ширина щели становится значительно меньше ширины первой зоны Френеля, т.е. если

$$D \ll \sqrt{a\lambda} \quad \text{или} \quad \Phi \ll 1. \quad (2)$$

Это условие всегда выполняется при достаточно большом расстоянии a от щели до плоскости наблюдения. Дифракционную картину, наблюдаемую в этом случае, принято называть *дифракцией Фраунгофера*. Исследование такой дифракционной картины заметно облегчается, потому

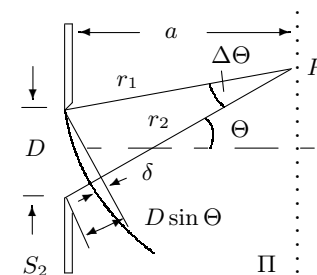


Рис. 3. К фазовым соотношениям при дифракции Фраунгофера

что упрощаются фазовые соотношения. Это поясняет рис. 3. При выполнении условия (2) разность хода между крайними лучами, приходящими от щели в точку наблюдения P , с хорошим приближением можно вычислять по формуле

$$\Delta = r_2 - r_1 \approx D \sin \Theta \approx D \cdot \Theta. \quad (3)$$

Здесь предполагается, что дифракционный угол Θ достаточно мал, так что $\sin \Theta \approx \Theta$. Формула (3) справедлива при условии $\delta \ll \lambda/2$. Можно показать, что это условие эквивалентно условию (2).

Дифракцию Френеля и Фраунгофера можно наблюдать на одной и той же установке (рис. 1). Однако при обычных размерах установки дифракция Фраунгофера возникает только при очень узких щелях. Например, при $a \approx 20\text{--}40$ см и $\lambda \approx 5 \cdot 10^{-5}$ см получаем $D \ll 0,3$ мм. Поскольку работать с такими тонкими щелями неудобно, для наблюдения дифракции Фраунгофера к схеме, изображённой на рис. 1 добавляется объектив O_2 (рис. 4).

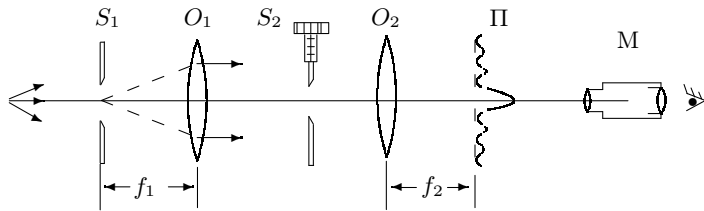


Рис. 4. Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера на щели

Дифракционная картина наблюдается здесь в фокальной плоскости объектива O_2 . Каждому значению угла Θ соответствует в этой плоскости точка, отстоящая от оптической оси на расстоянии

$$X = f_2 \tan \Theta \approx f_2 \Theta. \quad (4)$$

Поскольку объектив не вносит дополнительной разности хода между интерферирующими лучами (*таутохронизм*), в его фокальной плоскости наблюдается неискажённая дифракционная картина Фраунгофера. Эта картина соответствует

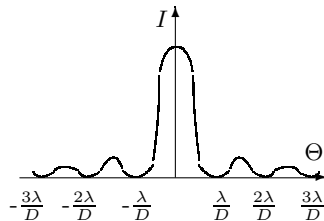


Рис. 5. Распределение интенсивности при дифракции Фраунгофера на щели

бесконечно удалённой плоскости наблюдения. Распределение интенсивности в дифракционной картине Фраунгофера представлено на рис. 5 (см. [1], [2]).

Поскольку при $\Theta = 0$ разность хода между любой парой лучей равна нулю, в центре поля зрения наблюдается дифракционный максимум (светлая полоса). Первый минимум (первая тёмная полоса) соответствует, очевидно, такому значению дифракционного угла Θ_1 , при котором в точке наблюдения разность хода пробегает все возможные значения от нуля до 2π . Рассуждая аналогичным образом, можно определить угловую координату Θ_m любой тёмной полосы. Для малых углов

$$m\lambda = D \cdot \Theta_m. \quad (5)$$

Расстояние X_m тёмной полосы от оптической оси объектива O_2 пропорционально фокусному расстоянию f_2 . Из (4) и (5) следует

$$X_m = f_2 m \frac{\lambda}{D}. \quad (6)$$

Из (6) видно, что при малых углах минимумы эквидистантны, а расстояния ΔX между минимумами обратно пропорциональны ширине D щели S_2 .

ЗАДАНИЕ

В этом упражнении предлагается исследовать дифракцию Фраунгофера на щели и проследить, как влияют изменение ширины щели и её смещение на характер дифракционной картины.

I. Настройка установки

1. Для перехода из ближней волновой зоны (дифракция Френеля) в дальнюю (дифракция Фраунгофера) к установке, собранной по рис. 1, достаточно добавить линзу O_2 (см. рис. 4). Если параллельность пучка за линзой O_1 нарушилась, воспользуйтесь рекомендациями, изложенными в пп. А2–А4.
2. Поставьте линзу O_2 между щелью S_2 и микроскопом (чем короче установка, тем ярче будет картина).

Настройте микроскоп на фокальную плоскость Π линзы (фокус линзы указан на её оправе). Для этого временно снимите со скамьи щель S_2 и убедитесь, что свет проходит через центры линз и попадает на объектив микроскопа. Перемещая микроскоп вдоль скамьи, найдите резкое изображение щели S_1 .

Уменьшая ширину щели S_1 , проверьте, что микроскоп настроен на края щели, а не на цветную полосу, которую даёт монохроматор. Закрепите микроскоп и линзы на скамье.

- Поместите щель S_2 между линзами и подберите её ширину так, чтобы в поле зрения микроскопа появилась дифракционная картина.

В отличие от френелевой дифракционной картины фраунгоферова занимает всё поле зрения микроскопа (рис. 5). Добейтесь наибольшей контрастности картины (см. п. А7).

II. Измерения

- Измерьте с помощью винта поперечного перемещения микроскопа координаты X_m нескольких дифракционных минимумов (от $-m$ до $+m$). Определите ширину D щели S_2 и запишите фокусное расстояние линзы O_2 .

III. Качественные наблюдения

- Убедитесь, что смещение щели S_2 в боковом направлении не приводит к сдвигу дифракционной картины. Объясните явление.
- Проследите, как изменяется масштаб дифракционной картины при уменьшении ширины щели S_2 .

IV. Обработка результатов

- Постройте график, откладывая по горизонтали номер минимума m , а по вертикали — его координату X_m (от $-m$ до $+m$). По углу наклона прямой определите среднее расстояние ΔX между соседними минимумами; рассчитайте ширину щели D по формуле (6) и сравните с измеренной. Оцените расхождение результатов.

В. Дифракция Фраунгофера на двух щелях

Для наблюдения дифракции Фраунгофера на двух щелях в установке (рис. 4) следует заменить щель S_2 экраном Э с двумя щелями (рис. 6). При этом для оценки влияния ширины входной щели на чёткость дифракционной картины вместо входной щели S_1 следует поставить щель с микрометрическим винтом. Два дифракционных изображения входной щели, одно из которых образовано лучами, прошедшими через левую, а другое — через правую щели, накладываются друг на друга.

Если входная щель достаточно узка, то дифракционная картина в плоскости Π (рис. 6) подобна той, что получалась при дифракции на одной щели (рис. 4), однако теперь вся картина испещрена рядом дополнительных узких полос. Наличие этих полос объясняется суперпозицией световых волн, приходящих в плоскость наблюдения через разные щели

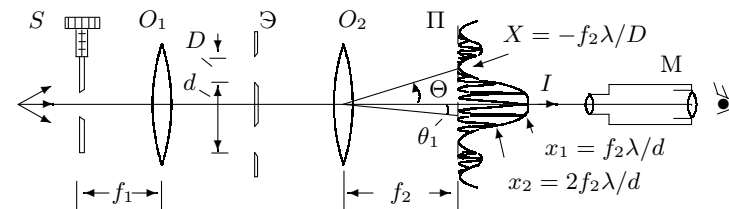


Рис. 6. Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера на двух щелях

экрана Э. В центре главного дифракционного максимума (рис. 6) располагается светлая полоса, так как при $\theta = 0$ разность хода между этими волнами равна нулю (все лучи, приходящие в фокус объектива O_2 , синфазны). Светлая интерференционная полоса наблюдается и во всех тех случаях, когда указанная разность хода равна целому числу длин волн. Таким образом, угловая координата θ_m интерференционного максимума m -го порядка определяется соотношением

$$d \cdot \theta_m = m\lambda, \quad (7)$$

где d — расстояние между щелями.

Линейное расстояние δx между соседними интерференционными полосами в плоскости Π равно поэтому

$$\delta x = f_2 \frac{\lambda}{d}. \quad (8)$$

На рис. 6 показано распределение интенсивности в фокальной плоскости объектива O_2 . Штриховой линией (в увеличенном масштабе) изображено распределение интенсивности при дифракции света на одиночной щели.

Нетрудно оценить число n интерференционных полос, укладывающихся в области центрального дифракционного максимума. Согласно (6) полная ширина главного максимума равна $2f_2\lambda/D$, где D — ширина щели, отсюда

$$n = \frac{2\lambda f_2}{D} \frac{1}{\delta x} = \frac{2d}{D}. \quad (9)$$

При дифракции света на двух щелях чёткая система интерференционных полос наблюдается только при достаточно узкой ширине входной щели S . При увеличении её ширины интерференционная картина периодически пропадает и появляется вновь, но полосы при этом оказываются

сильно размытыми и видны плохо. Это явление объясняется наложением интерференционных картин от разных элементов широкой щели S . Первое размытие интерференционных полос возникает при условии

$$\frac{b}{f_1} = \frac{\lambda}{d}. \quad (10)$$

Здесь b — ширина входной щели S и, следовательно, b/f_1 — её угловая ширина. Таким образом, по размытию интерференционной картины можно оценить размер источника. Этот метод используется в звёздном интерферометре при измерении угловых размеров звёзд. Формулу (10) студентам предлагается вывести самостоятельно.

ЗАДАНИЕ

В этом упражнении предлагается исследовать картину дифракции на двух щелях и оценить влияние размеров источника на чёткость картины.

I. Настройка и измерения

1. Не перемещая (!) линз и микроскопа, замените в установке (рис. 4) входную щель S_1 щелью с микрометрическим винтом и, слегка передвигая её вдоль скамьи, найдите в микроскопе резкое изображение новой входной щели. Закрепите щель.

Поставьте между линзами экран \mathcal{E} с двойной щелью. В области главного дифракционного максимума должна появиться система равноотстоящих тёмных и светлых полос (рис. 6). Центрировкой системы и подбором ширины щели S добейтесь наибольшей чёткости дифракционной картины.

2. Определите с помощью микрометрического винта поперечных салазок микроскопа координаты самых удалённых друг от друга тёмных полос внутри центрального максимума и просчитайте число светлых промежутков между ними. Измерьте ширину центрального максимума.
3. Исследуйте влияние пространственной когерентности на видность интерференционной картины. Для этого, расширяя входную щель S , выберите такую ширину щели b_0 , при которой наступает первое исчезновение интерференционных полос, и запишите эту величину.

Убедитесь, что при дальнейшем увеличении входной щели картина вновь появляется, но она заметно менее контрастна. Определите соответствующую ширину входной щели и ширину, при которой картина наиболее контрастна.

4. Запишите фокусные расстояния обеих линз.

5. Метод измерения параметров двойной щели, необходимых для расчётов, изложен в п. ГЗ.

II. Обработка результатов

6. Определите расстояние δx между минимумами по результатам измерений, рассчитайте величину d по формуле (8) и сравните с измеренной. Рассчитайте число полос внутри главного максимума по формуле (9) и сравните с экспериментальным.
7. Сравните измеренную ширину b_0 щели S с расчётом по формуле (10).

Г. Влияние дифракции на разрешающую способность оптического инструмента

Установка, представленная на рис. 4, позволяет исследовать влияние дифракции на разрешающую способность оптических инструментов.

Как уже было выяснено, линзы O_1 и O_2 в отсутствие щели S_2 создают в плоскости Π изображение щели S_1 , и это изображение рассматривается в микроскоп M . Таким образом, нашу установку можно рассматривать как оптический инструмент, предназначенный для получения изображения предмета. При этом коллиматор (щель S_1 и объектив O_1) является моделью далёкого предмета, а объектив O_2 и микроскоп M составляют зрительную трубу, наведённую на этот предмет.

Если перед объективом O_2 зрительной трубы расположить щель S_2 , то изображение объекта будет искажено дифракцией на щели S_2 . Чем меньше ширина D_0 этой щели, тем сильнее искажение. Качественной характеристикой этих искажений может служить минимальное угловое расстояние φ_{\min} между объектами (источниками), которые ещё воспринимаются как раздельные.

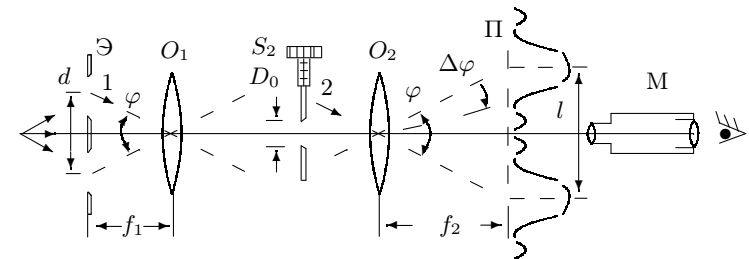


Рис. 7. Схема установки для исследования разрешающей способности оптического инструмента

Поместим вместо щели S_1 экран \mathcal{E} с двумя узкими щелями, расстояние между которыми равно d (рис. 7). Тогда на щель S_2 будут падать два

параллельных пучка света, составляющих между собой угол φ , равный (для малых углов)

$$\varphi = \frac{d}{f_1}. \quad (11)$$

Параллельные лучи 1 и 2, проходящие через центры линз, определяют положения изображений двойной щели. Согласно законам геометрической оптики расстояние l между изображениями щелей в плоскости П равно

$$l = \varphi f_2 = d \cdot \frac{f_2}{f_1}, \quad (12)$$

а ширина $\Delta\varphi$ каждого изображения определяется дифракцией света на щели S_2 . Когда полуширина дифракционного изображения превышает расстояние между изображениями, то по виду дифракционной картины трудно определить, представляет собой источник двойную или одиночную щель. Предельные условия, при которых ещё можно различить, имеем мы дело с одной или двумя щелями, для разных наблюдателей различны.

Для того чтобы исключить связанный с этим произвол, пользуются обычно критерием Рэлея, который приблизительно соответствует возможностям визуального наблюдения: изображения считаются различимыми, когда максимум одного дифракционного пятна совпадает с минимумом другого, а в условиях нашей задачи — когда угловая полуширина дифракционного изображения λ/D_0 совпадает с угловым расстоянием $\varphi = l/f_2$ между изображениями отдельных щелей (рис. 8):

$$\frac{\lambda}{D_0} = \frac{l}{f_2} = \frac{d}{f_1}. \quad (13)$$

ЗАДАНИЕ

В этом упражнении предлагается исследовать влияние размера диафрагмы, ограничивающей поперечный размер пучка света, на чёткость изображения объекта.

I. Настройка и измерения

1. Соберите схему согласно рис. 7. Для этого в предыдущей схеме (рис. 6), не меняя (!) положения линз и микроскопа, вместо щели S поставьте

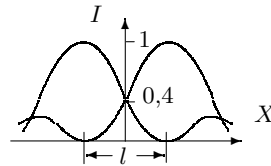


Рис. 8. Критерий разрешения по Рэлею

двойную щель и, перемещая её вдоль оси, получите в поле зрения микроскопа чёткое, симметричное изображение двойного источника.

2. Поставьте между линзами щель S_2 и, уменьшая её ширину, наблюдайте за ухудшением качества изображения. Подберите ширину щели S_2 так, чтобы изображения обеих щелей почти сливались, но всё-таки ещё воспринимались раздельно. Запишите показания микрометрического винта щели S_2 (ширину D_0).
3. Поставьте двойную щель перед микроскопом и измерьте с помощью микрометрического винта поперечных салазок микроскопа расстояние d между щелями и ширину каждой щели D (сделайте чертёж щели и запишите координату каждой из 4-х вертикалей). Используйте подсветку лампой.

II. Обработка результатов

4. Для проверки справедливости критерия Рэлея сравните измеренную ширину D_0 щели S_2 с расчётом по формуле (13): $D_0 = \lambda f_1/d$.

Контрольные вопросы

1. Объясните, почему при дифракции Френеля на круглом отверстии в центре картины может быть как тёмное, так и светлое пятно, а при дифракции на препятствии — круглом экране — пятно всегда светлое (пятно Пуассона).
 2. Покажите, что формула (3) справедлива при малых значениях числа Френеля.
 3. Объясните, почему смещение щели S_2 в боковом направлении в установке на рис. 4 не приводит к сдвигу дифракционной картины. Будет ли смещаться картина дифракции при смещении щели S_2 вдоль оси установки?
 4. Получите формулу для распределения интенсивности при дифракции Фраунгофера на двух щелях.
 5. Выведите формулу (10). На примере размытия интерференционной картины при широком источнике объясните, что такое пространственная когерентность.
 - 6*. Как связана видность интерференционной картины с пространственной когерентностью источника? Чем отличаются графики видности при дискретном и непрерывном изменении параметров источника?
- То же для временной когерентности.
- 7*. Сформулируйте теорему Бабиня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ландсберг Г.С. Оптика. — М.: Наука, 1976. Гл. VIII, §§ 33, 36–38; гл. IX, §§ 39–41, 44, 45.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. — Т. IV. Оптика. — М.: Наука, 1980. Гл. III, § 28; гл. IV, §§ 39–46.