

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО  
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ  
«Дифракция Фраунгофера»**

Нижний Новгород, 2005г.

В данной работе изучается дифракция на следующих объектах: на одной щели, на двух щелях, на решетке из нескольких щелей. Наблюдения и измерения производятся при помощи гониометра – оптического прибора, предназначенного для измерения углов с большой точностью. Основные части гониометра: коллиматор, зрительная труба и микроскоп с отсчетным микрометром (Подробное описание гониометра дано в приложении).

Оптическая схема гониометра изображена на рис. 1.

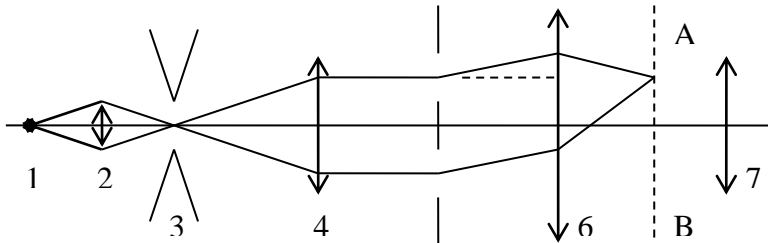


Рис. 1

Здесь 1 – лампочка, 2 – конденсор, 3 – щель коллиматора, 4 – линза коллиматора, 5 – непрозрачный экран со щелями, 6 – объектив зрительной трубы, 7 – окуляр зрительной трубы. Свет от лампочки 1 собирается на щели 3 при помощи конденсора 2. Щель

расположена в фокальной плоскости линзы коллиматора и, следовательно, каждая точка щели дает после коллиматора параллельный пучок света. Если в этот пучок поставить непрозрачный экран с отверстиями, то в фокальной плоскости АВ объектива зрительной трубы получится дифракционная картина Фраунгофера, которую можно увидеть с помощью окуляра этой трубы.

При помощи гониометра изучают угловое распределение интенсивности дифрагированного света. Углы дифракции измеряются оптическим компенсатором (микроскопом с отсчетным микрометром).

При дифракции Фраунгофера на щели интенсивность излучения в плоскости  $xu$ , перпендикулярной щели (рис. 2), зависит от угла дифракции  $\theta$  по закону:

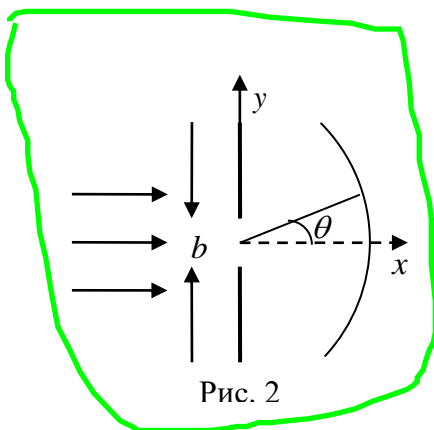


Рис. 2

$$I_{\theta} = I_0 \frac{\sin^2 \frac{k b \sin \theta}{2}}{\left( \frac{k b \sin \theta}{2} \right)^2}, \quad (1)$$

где  $I_0$  – интенсивность в направлении  $\theta = 0$ ,  $I_{\theta}$  – интенсивность в направлении  $\theta$ ,  $b$  – ширина щели,  $k$  – волновое число. При дифракции Фраунгофера от решетки с периодом  $d$  из  $N$  одинаковых щелей ширины  $b$  зависимость интенсивности  $I_{\theta}$  от угла дифракции  $\theta$  описывается формулой:

$$I_{\theta} = I_0 \frac{\sin^2 \frac{k b \sin \theta}{2}}{\left( \frac{k b \sin \theta}{2} \right)^2} \frac{\sin^2 \frac{N k d \sin \theta}{2}}{\sin^2 \frac{k d \sin \theta}{2}}, \quad (2)$$

Рассмотрим влияние размеров источника света на вид дифракционной картины при дифракции на двух щели. В данной работе источником света

служит щель коллиматора. Обозначим ширину этой щели  $l$ , а угловой размер ее  $\alpha$  (см. рис. 3).

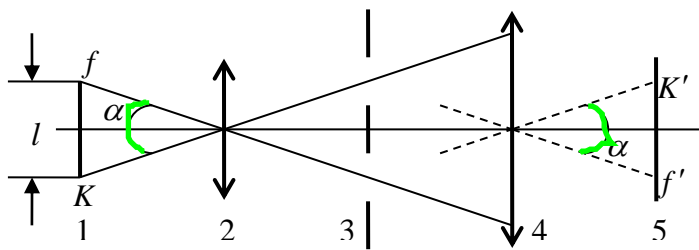


Рис. 3

Здесь 1 – источник света, 2 – линза коллиматора, 3 – экран с двумя щелями, 4 – объектив зрительной трубы, 5 – фокальная плоскость этого объектива.

От каждой точки источника на объект дифракции падает плоская волна и создает в фокальной плоскости свою дифракционную картину. Крайние точки источника  $K$  и  $f$  создают картины, центры которых  $K'$  и  $f'$  смещены относительно друг друга на угловое расстояние  $\alpha$ . (Рис. 3)

На рис. 4 качественно изображена зависимость интенсивности от угла

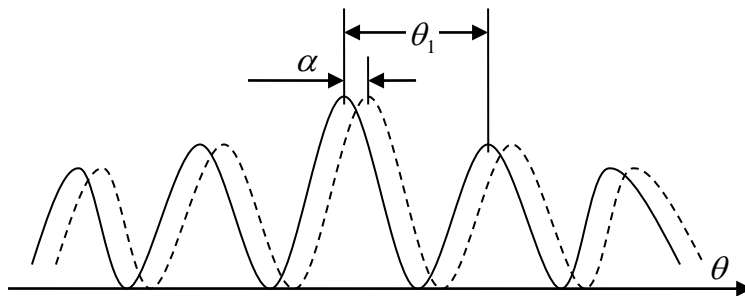


Рис. 4

дифракции  $\theta$  (углы  $\theta$  настолько малы, что  $\sin \theta \approx \theta$ ).

Сплошная картина относится к картине от одного края источника, пунктирная, которая сдвинута на угол  $\alpha$ , к картине от другого края.

Чтобы получить распределение интенсивности в дифракционной картине от всего источника, нужно сложить интенсивности в картинах от всех его точек.

Контрастность дифракционных картин характеризуется видимостью  $V$ :

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \text{ где } I_{\max} - \text{интенсивность в максимуме, а } I_{\min} - \text{интенсивность в}$$

ближайшем к нему минимуме.

Видимость дифракционной картины от двух щелей зависит от углового размера источника  $\alpha$ . Если яркость источника одинакова по всей ширине, то при увеличении  $\alpha$  первый минимум видимости наступит, когда  $\alpha$  станет равно  $\theta_1$  – угловому расстоянию между нулевым и первым максимумами.

При малых углах  $\sin \theta_1 \approx \theta_1 = \frac{\lambda}{d}$ ,  $\alpha = \frac{l}{F}$ ; здесь  $\lambda$  – длина световой волны источника,  $d$  – расстояние между щелями на экране 3 (рис. 3),  $F$  – фокусное расстояние линзы коллиматора.

Условие первого минимума видимости имеет вид

$$l = \theta_1 F = \frac{\lambda}{d} F, \quad (3)$$

Формула (3) дает возможность определить ширину источника света по найденному опытным путем расстоянию  $d$  между щелями, при котором наступает размытие дифракционной картины.

В принципе, таким был метод, использованный в 1920г. Майкельсоном для измерения углового расстояния между компонентами двойной звезды Капеллы и диаметра звезды Бетельгейзе.

### Задание

1. Вывести формулы и построить качественно теоретические графики зависимости интенсивности от  $\sin \theta$  для дифракции на одной щели, двух щелей и решетке из 15 щелей, считая, что объект дифракции нормально падает плоская монохроматическая волна.
2. Измерить угловые координаты минимумов интенсивности при дифракции на одной щели и двух щелях в и координаты главных максимумов при дифракции на решетке.
3. Те же координаты вычислить по формулам (1) и (2). Необходимые для расчета величины  $b$  и  $d$  измерить при помощи компаратора. Сравнить результаты расчета и эксперимента.
4. Наблюдая дифракцию на двух щелях, определить размеры источника света, при которых наступает размытие дифракционной картины, и проверить соотношение (3).
5. Наблюдая дифракцию на решетке, выяснить качественно, как меняется дифракционная картина при изменении размеров щели, периода дифракционной решетки, угла падения лучей на решетку, длины световой волны. Обратить внимание на распределение цветов при дифракции в белом свете.
6. Выяснить на опыте следующие вопросы:
  - а. Как влияет длина щели коллиматора на дифракционную картину?
  - б. Чем определяется вертикальный размер центрального максимума?
7. Какой вид должны иметь зависимость интенсивности от угла в плоскости  $xz$  (рис. 2) при дифракции плоской волны на всех трех объектах? Использовать полученную зависимость для объяснения результатов опыта 6.