

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКМЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

378.147:535.4

**ЛЕКЦИОННАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ ОПЫТА ЮНГА**

Случай дифракции света от двух параллельных и одинаковых щелей в непрозрачном экране имеет сам по себе немаловажное значение для практики (интерферометр Рэлея, звездный интерферометр Майкельсона) и вместе с тем представляет интерес как ступень перехода к важному случаю дифракции света от многих щелей (дифракционная решетка). Поэтому успешная лекционная демонстрация явления представляет значительный интерес.

Осуществление подобного рода лекционной демонстрации связано с общеизвестными трудностями, которые в определенной степени устранены в предлагаемом ниже расположении.

В этом расположении для демонстрации явления используется регулируемая двойная щель, имеющая сравнительно большие значения ширины каждой из щелей  $a$  и расстояния между их средними линиями  $s$ , и, несмотря на это, картина наблюдается на близко расположенном экране и имеет достаточно крупные размеры при удовлетворительной освещенности. Поскольку щели разведены на достаточное расстояние, без особых затруднений можно прикрыть часть одной из них непрозрачным экраном и получить на экране наблюдения совместно две картины дифракции (от одной и двух щелей одновременно). Плавное изменение в ходе демонстрации параметры двойной щели ( $a$ ,  $s$  и соответственно  $m \equiv c/a$ ), можно выявить влияние параметра  $a$  на ширину дифракционных «максимумов» от одной щели, параметра  $s$  — на ширину интерференционных максимумов и параметра  $m$  — на число последних, возникающих в пределах главного и вторичных дифракционных максимумов.

Схема расположения приборов в опыте с указанием ориентировочных расстояний между приборами приведена на рис. 1.

Пучок света от освещенной источником  $S$  простой раздвижной щели  $A_0$  попадает на регулируемую двойную щель  $B_0$ . Последняя представляет собой обычную раздвижную щель (желательно хорошего качества), вдоль средней линии которой закреплен кусок ровной проволоки диаметром  $b$ . Закрепление предусматривает возможность незначительного смещения и наклона проволоки с целью совмещения ее оси со средней линией щели  $B_0$ . Если закрепление осуществлено правильно, то при раздвижении щели  $B_0$  между краями лезвий и поверхностью проволоки должны возникнуть одинаковые зазоры постоянной ширины.

Сферическая линза  $L_1$  создает полное перекрывание дифрагирующих от щелей световых пучков в плоскости  $A'A'$ , сопряженной с плоскостью  $AA$  (фраунгоферовский способ наблюдения). Поэтому параметры  $s$  и  $a$  могут иметь достаточно большие значения. Первичная дифракционная картина, возникающая в плоскости  $A'A'$ , отображается при помощи короткофокусной цилиндрической линзы  $L_2$  на экран наблюдения  $D$ , расположенный в плоскости  $A''A''$ , сопряженной с плоскостью  $A'A'$ . В качестве цилиндрической линзы в наших опытах использовалась стеклянная трубка (внешний диаметр 8 мм), заполненная дистиллированной водой. Линза  $L_2$  практически увеличивает лишь поперечные размеры первичного дифракционного изображения, поэтому получается существенный выигрыш в освещенности картины на экране  $D$  и соответствующее увеличение светосилы расположения.

При выполнении опытов щели  $A_0$ ,  $B_0$  и ось линзы  $L_2$  были ориентированы горизонтально и параллельно.

Для получения контрастной интерференционной картины необходимо, чтобы ширина  $l$  щели  $A_0$  удовлетворяла соотношению когерентности

$$l \sin 2u \leq \frac{\lambda}{2}.$$

При соблюдении этого соотношения и параллельности щелей  $A_0$ ,  $B_0$  и линзы  $L_2$  на экране  $D$  наблюдается отчетливая картина, если средние линии щелей  $A_0$  и  $B_0$ , центр линзы  $L_1$  и ось линзы  $L_2$  оказываются на одной горизонтали.

Качество картины в немалой степени зависит от регулировки приборов, которую целесообразно производить при значительном раздвижении лезвий щели  $B_0$ , поскольку освещенность картины на экране наблюдения в этом случае наибольшая. Если, например, как в нашем опыте,  $b_0 = 0,5$  мм, то расстояние между лезвиями  $b$  можно сделать равным примерно 1,5 мм. В этом случае  $c = 2a$ , а  $m = 2$ . Поэтому в области главного дифракционного изображения располагаются три интерференционные полосы; центральная — неокрашенная (нулевого порядка), к ней прилегает по одному спектру

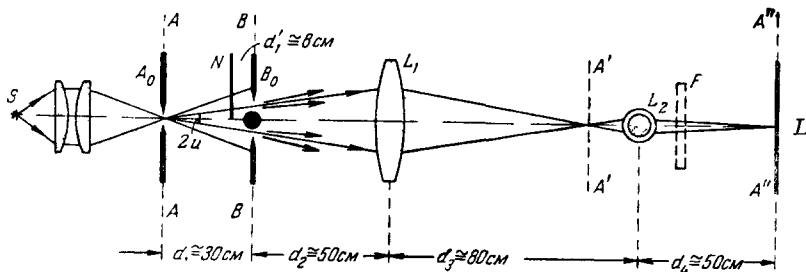


Рис. 1.

первого порядка с каждой стороны. Спектры второго порядка при  $m = 2$  приходятся на область минимальной освещенности от одной щели и в картине практически отсутствуют.

Вращая регулятор двойной щели  $B_0$ , можно плавно уменьшать ширину щелей и наблюдать соответствующие плавные изменения в структуре и распределении освещенности в дифракционной картине на экране  $D$ .

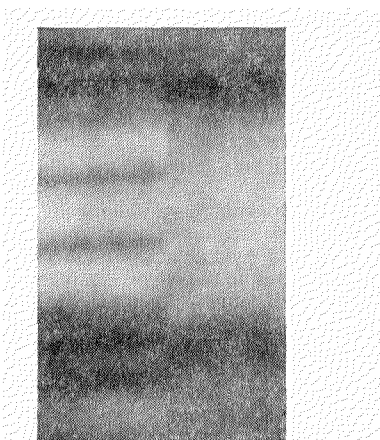


Рис. 2.

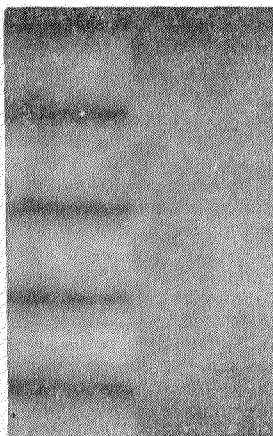


Рис. 3.

С целью одновременной демонстрации картины от одной и двух щелей часть одной из них прикрывалась при помощи небольшой стальной линейки  $N$ , закрепленной вертикально на расстоянии  $d_1$  так, чтобы короткий край ее находился на высоте оси проволоки.

Наряду с дифракционной картиной на экране  $D$  можно получить изображение самой двойной щели, используя для этой цели дополнительную линзу  $L$  подходящей оптической силы и вводя ее, когда это необходимо, в заранее намеченную область пучка света, идущего от двойной щели, с таким расчетом, чтобы плоскость  $A'A'$  оказалась сопряженной с плоскостью  $BB$  (а не с плоскостью  $AA$ ).

При удалении экрана  $D$  поперечные размеры дифракционной картины быстро возрастают (практически пропорционально расстоянию  $d_4$ , рис. 1), а освещенность ее уменьшается. Естественно поэтому, что выбор наилучшего положения экрана определяется обоими этими обстоятельствами. С целью увеличения продольных размеров изображения, если в этом есть необходимость, следует уменьшить  $d_2$  и соответственно увеличить  $d_3$ .

При демонстрации опытов достаточно большой аудитории целесообразно отбросить картину на просвечивающий экран, обращенный к аудитории, расположив между линзой  $L_2$  и плоскостью  $A''A''$  плоское зеркало, составляющее с осью светового пучка угол, близкий к  $45^\circ$ .

С целью уменьшения засвечивания картины посторонним светом область между конденсором и оправой щели  $A$  должна быть светоизолирована от экрана наблюдения.

На рис. 2 и 3 приведены фотографии участков двух дифракционных картин (в натуральную величину), полученные при расстояниях между приборами, указанных на рис. 1, и значениях параметров двойной щели, составлявших соответственно:

$$\begin{aligned} a' &\approx 0,5 \text{ мм}, & c' &\approx 1 \text{ мм}, & t' &\approx 2 & (b' &\approx 1,5 \text{ мм}), \\ a'' &\approx 0,25 \text{ мм}, & c'' &\approx 0,75 \text{ мм}, & t'' &\approx 3 & (b'' &\approx 1 \text{ мм}); \end{aligned}$$

источником  $S$  служила простая лампа накаливания. С целью получения более четкой картины при фотографировании использовался красный светофильтр  $F$  (выдержки составляли соответственно 20 и 40 сек). На рис. 2 хорошо заметно, что интерференционный максимум второго порядка совпадает с первым минимумом освещенности от одной щели, в результате чего интерференционная полоса второго порядка разделилась на две слабо освещенные части.

При фотографировании без светофильтра выдержки составляли соответственно 2 и 5 сек (пленка изопанхром 90 ед. ГОСТ).

В случае аудиторной демонстрации опыта использование светофильтра нецелесообразно.

Я. Е. Амстиславский

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Р. В. Поль, Введение в оптику, М., Гостехиздат, 1947.
2. А. Б. Млодзеевский, Лекционные демонстрации по физике, вып. 4, Оптика, 1949.