

Картины дифракции Френеля на круглых диафрагме и экране (рис. 2 и 3) в общем случае трудны для анализа. Однако об их особенностях можно судить по освещённости на осевой линии. За экраном на оси освещённости

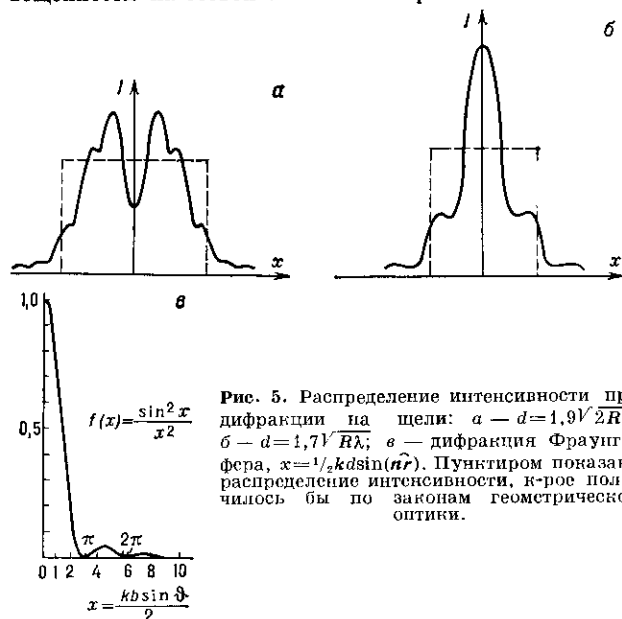


Рис. 5. Распределение интенсивности при дифракции на щели: а —  $d = 1,9\sqrt{2R\lambda}$ ; б —  $d = 1,7\sqrt{R\lambda}$ ; в — дифракция Фраунгофера,  $x = \frac{1}{2}kdsin(\pi r)$ . Пунктиром показано распределение интенсивности, к-рое получилось бы по законам геометрической оптики.

щённость монотонно возрастает по мере удаления от экрана и стремится к  $1/4$  интенсивности падающего света. На оси за круглой диафрагмой имеется бесконечное

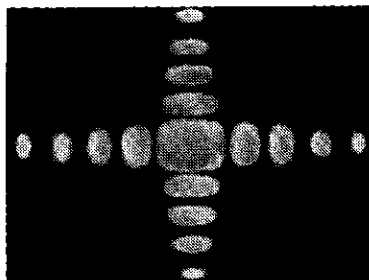
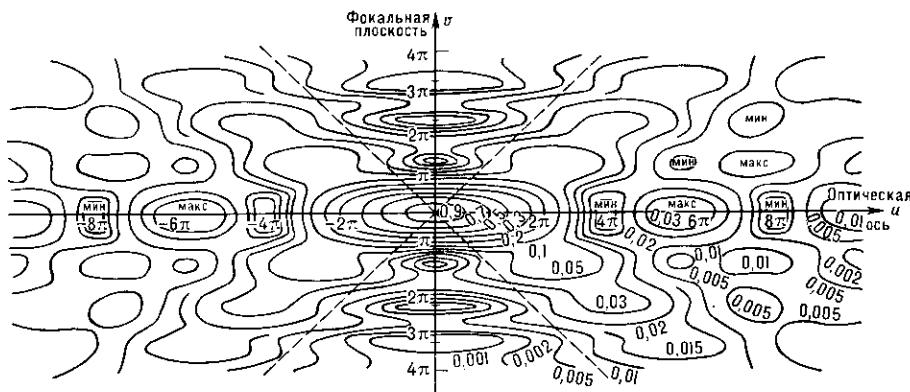


Рис. 6. Дифракция Фраунгофера на прямоугольной диафрагме.

число мест, где интенсивность достигает интенсивности падающего света и в промежутках между ними — бесконечное число мест с нулевой интенсивностью. Картина дифракции Фраунгофера на экране (диафрагме) представляет собой центральное яркое пятно, окружённое системой тёмных и светлых колец, на долю к-рых приходится малая часть дифрагировавшего света.

Сложную картину Д. с. представляет область фокуса линзы (рис. 7) с фокусным расстоянием  $f$  и апертурой  $a$ . Осн. световая энергия сосредото-

Рис. 7. Линии равной интенсивности (изофоты) вблизи фокуса линзы сходящейся сферической волны, дифрагировавшей на круглом отверстии.



точена в эллипсоиде вращения с центром в фокусе и полуосями  $\lambda(f/a)^2$  — продольной и  $(\lambda/2)(f/a)$  — поперечной. Вне эллипсоида имеются кольцеобразные области затемнения (кольца Эйри).

Теория Френеля полностью удовлетворяет требованиям практики, в первую очередь инструментальной оптики, однако она ограничена рамками эвристических принципов. Математически полное построение теории Френеля выполнил Г. Р. Кирхгоф (G. R. Kirchhoff; 1882), применив интегральное соотношение Гельмголь-

$$4\pi u_P = \int_{(S)} dS \left[ \frac{\exp(ikr)}{r} \nabla u_S - u_S \nabla \frac{\exp(ikr)}{r} \right], \quad (6)$$

ца связывающее поле в точке  $P$  с его значением на произвольной поверхности, охватывающей  $P$ ;  $r$  — расстояние до поверхности  $S$ . Кирхгоф показал, что если экран считать неизлучающим, т. е. поле и его нормальная производная на экране — нули, то (6) принимает вид дифракц. интеграла (1). Однако в теории Кирхгофа не учитываются векторный характер световых волн и свойства самого материала экрана.

В строгих методах Д. с. рассматривается как вид рассеяния света, а математически — как граничная задача рассеяния. Число таких задач, решённых точно, невелико. Среди них решённая первой А. Зоммерфельдом (A. Sommerfeld; 1869) задача дифракции плоской волны на идеально проводящем клине. Решение этой задачи позволяет выяснить пределы применимости теории Френеля — Кирхгофа и даёт корректную матем. основу представлениям Юнга. Из этого решения следует, что свет проникает в область тени сильнее, чем предсказано (3). На открытой полуплоскости, дополняющей экран, там, где в теории Френеля — Кирхгофа поле при нормальном падении считается заданным и постоянным, решение Зоммерфельда предсказывает сильные осцилляции при произвольных удалениях от края экрана. Зависимость поля от  $r$  вдали от края в области тени такая же, как если бы край был линейным источником волн, т. е.  $u \sim 1/\sqrt{kr}$ , что согласуется с представлениями Юнга. На самом деле, край не бесконечно тонкий источник, хотя и при приближении к нему плотность потока неограниченно растёт. По этой причине глазу, аккомодированному на край, он кажется светящейся линией.

Развитие концепции излучающего края — граничной дифрагированной волны — и выяснение её связи с теорией Френеля — Кирхгофа выполнено Дж. А. Маджи (G. A. Maggi; 1888) и А. Рубиновичем (A. Rubinowicz; 1917). Было показано, что интеграл Кирхгофа — Френеля по поверхности можно представить двумя слагаемыми. Первому соответствует поле, описываемое законами геом. оптики. Второе — интеграл по контуру края экрана (диафрагмы) — описывает дифрагированное поле, источником к-рого служит этот край. Теория граничной дифрагированной волны правильно описывает

область малых углов дифракции, потому что эта теория — строгое следствие френелевой. Граничной волной можно объяснить проникновение света в область геом. тени и представить это как результат своеобразного