УДК 535.41

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДИФРАКЦИОННОЙ КАРТИНЫ ПРИ ДИФРАКЦИИ ФРАУНГОФЕРА НА ЩЕЛИ С ПОМОЩЬЮ ВЕКТОРНОЙ ДИАГРАММЫ

Студентка гр.103516 И.А. Жарич,
канд. физ.-мат. наук, доцент А.М. Новоселов

Белорусский национальный технический университет

Решение задачи о дифракции Фраунгофера на щели обычно проводят с использованием аналитического выражения принципа Гюйгенса-Фринеля. В данной работе задача решена методом графического сложения амплитуд колебаний вторичных волн с помощью векторной диаграммы.

Для этого волновую поверхность в области щели (b) мысленно разбиваем на бесконечно узкие зоны в виде полос одинаковой ширины, которые являются источниками вторичных волн одинаковой амплитуды, независящей от угла дифракции φ. При этом колебание в точке наблюдения на экране, создаваемое каждой последующей зоной сдвинуто по фазе на один и тот же угол относительно предыдущего. В этом случае векторная диаграмма действия всей щели будет представлять собой дугу окружности радиуса R (см. рис.). Длина дуги будет равна алгебраической сумме амплитуд складываемы колебаний (A_0). Центральный угол δ дуги окружности равен разности фаз колебаний создаваемых в точке наблюдения вторичными волнами от краев щели.

На векторной диаграмме малые вектора при точках O и C, направленные вдоль касательных к окружности в этих точках, изображают колебания, создаваемые вторичными волнами, исходящими от малых зон, располагающихся у краев щели. В соответствии с построением векторной диаграммы, эти малые вектора повернуты относительно друг друга на угол δ, равный разности фаз колебаний, создаваемых вторичными волнами, распространяющимися в направлении φ вдоль лучей, исходящими от краев щели, т.е.:

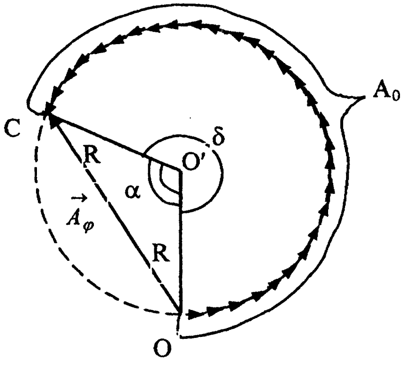

Рис.1. Векторная диаграмма действия всей щели

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta = \frac{2\pi}{\lambda} b \cdot \sin\varphi ,$$

где $\Delta = b\cdot\sin\varphi$ – оптическая разность хода между крайними лучами;

λ – длина волны.

Амплитуда результирующего колебания A_φ представлена вектором. Из рис. 1 радиус окружности:

$$R = \frac{A_0}{\delta},$$

Из Δ OO'C результирующая амплитуда

$$A_\varphi = 2R\left|\sin\frac{\alpha}{2}\right|,$$

где $\alpha = 2\pi - \delta$,

тогда

$$A_\varphi = A_0\left|\frac{\sin\frac{\delta}{2}}{\frac{\delta}{2}}\right| = A_0\frac{\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda}\sin\varphi\right)}{\frac{\pi b}{\lambda}\sin\varphi}. \qquad (1)$$

Результирующая интенсивность

$$I_\varphi \sim A_\phi{}^2:$$

$$I_\varphi = I_0\frac{\sin^2\left(\frac{\pi b}{\lambda}\sin\varphi\right)}{(\frac{\pi b}{\lambda}\sin\varphi)^2}, \qquad (2)$$

где A_0 и I_0 – амплитуда и интенсивность в направлении $\varphi=0$.

Формулы (1) и (2) основные формулы теории дифракции Фраунгофера на щели, описывающие дифракционную картину при дифракции на щели.

Таким образом, рассмотренный метод позволяет просто прямым способом рассчитывать дифракционную картину при дифракции Фраунгофера на щели, не проводя громоздких вычислений уравнения результирующего колебания с полным использованием принципа Гюйгенса-Френеля и не привлекая результаты теории многолучевой интерференции.