УДК 51-73:535

О НЕКОТОРЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ СОВРЕМЕННОЙ ОПТИКИ

Студент гр. 11311123 Гурина А. В.
Кандидат техн. наук, доцент Бокуть Л. В.
Белоруссий национальный технический университет, Минск, Беларусь

Математические методы применяются для анализа и описания различных явлений в оптике, позволяя эффективно моделировать и анализировать оптические системы. К популярным методам можно отнести матричные и интегральные.

С помощью матриц можно решать практические задачи оптики. Например, матрица преобразований лучей, полученная из геометрических соображений, почти точно предсказывает картину дифракции гауссова пучка. Введем систему декартовых координат (рис. 1). Траектория луча состоит из последовательности прямых линий. Выберем любую плоскость z = const, перпендикулярную оси z, и назовем ее опорной плоскостью (ОП). Тогда луч можно определить по отношению к ОП двумя параметрами: высотой y, на которой этот луч пересекает ОП, и углом, который он составляет с осью z. По отношению к любой ОП положение луча можно определить при помощи высоты y и угла v данного луча. Заменим v оптическим направляющим косинусом $V = nv$, где n – показатель преломления среды.

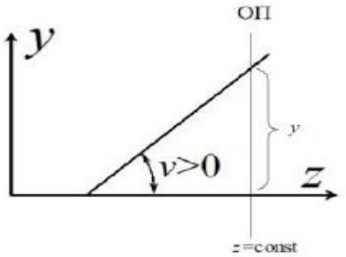

Рис. 1. Траектория луча в декартовых координатах

Вначале луч пересекает ОП1 и имеет значения параметров y_1 и V_1, затем он проходит через оптический элемент и достигает ОП2, на которой он характеризуется высотой y_2 и углом V_2. Найдем уравнения, устанавливающие связь величин y_2и V_2 с величинами y_1 и V_1 и свойствами оптического элемента, расположенного между ОП1 и ОП2. Уравнения для двух оптических элементов можно записать в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} y_2 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ V_1 \end{bmatrix}.$$

Для того, чтобы получить общую матрицу преобразования лучей в оптической системе, следует умножить все матрицы элементарных перемещений и преломлений.

Интегральные методы также находят широкое применение в современной оптике. Например, интегралы используются для описания распространения света в оптических системах. Эти интегралы выражают фазу либо интенсивность световых волн на заданной траектории, например, путем интегрирования длины пути по определенной кривой. Одним из примеров является дифракционный интеграл Френеля. Взяв этот интеграл, можно рассчитать распределение амплитуды световой волны в плоскости наблюдения. Комплексная амплитуда вектора напряженности электрического поля равна:

$$\overrightarrow{E}(P) = \int_{\Sigma}^{1} \vec{E}(M) \frac{\exp[\mathrm{i}(\omega t-kr)]}{\mathrm{r}} \mathrm{K}(\varphi) d\sigma.$$

С помощью метода, основанного на использовании фейнмановских интегралов по траекториям, получены важные результаты, находящие применение в квантовой оптике:

$$\lim_{N\to\infty} \iint \dots \int dx_1 \ dx_2 \dots dx_N \Phi[x_1, x_2 \dots x_N],$$

где под $\Phi[x_1, x_2 \dots x_N]$ подразумевается соответствующая аппроксимация функционала $\Phi[x]$, а интегрирование же подразумевается по $x_1, x_2 \dots x_N$ от $-\infty$ до $+\infty$.