

ДИАГРАММА, СВЯЗЫВАЮЩАЯ ПАРАМЕТРЫ СТОКСА С ПАРАМЕТРАМИ ЭЛЛИПСА ПОЛЯРИЗАЦИИ

Н. М. Кожевников

Описана диаграмма, позволяющая сравнительно просто производить численный пересчет параметров Стокса в параметры поляризационного эллипса электромагнитного излучения и обратно.

A diagram is described which simplifies the numerical conversion of Stokes parameters to elliptical polarization parameters.

Изучение поляризационных характеристик электромагнитного излучения играет важную роль в радиоастрономии, а также в других областях современной физики [1—5]. Одним из наиболее распространенных способов исследования частично-поляризованного излучения является измерение параметров Стокса этого излучения [6]. Как известно, параметры Стокса частично-поляризованного электромагнитного излучения связаны со степенью поляризации и с параметрами поляризационного эллипса соотношениями

$$\begin{aligned} p &= (q^2 + u^2 + v^2)^{1/2}/I, \\ b/a &= \operatorname{tg} \beta, \quad \beta = 1/2 \operatorname{arc} \sin [v (q^2 + u^2 + v^2)^{1/2}], \\ \alpha &= 1/2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} (u/q), \end{aligned} \quad (1)$$

где p — степень поляризации, b/a — эллиптичность, α — азимут эллипса поляризации. Направление вращения вектора поля определяется знаком параметра v .

Наиболее наглядно связь параметров Стокса с параметрами эллипса поляризации проявляется на сфере Пуанкаре [7], представляющей собой сферу радиуса $R=I$ (I — интенсивность излучения) с центром в начале координатной системы QUV (рис. 1). Частично-поляризованное излучение, характеризуемое вектором Стокса $\{I, q, u, v\}$, $q^2 + u^2 + v^2 \leq I^2$, представляется вектором M , проекции которого на оси Q, U, V равны соответственно q, u, v . Продолжение вектора пересекает сферу в точке A , широта и долгота которой полностью определяют параметры поляризационного эллипса. Степень поляризации $p = |M|/I$.

Являясь очень удобной для решения ряда теоретических вопросов, связанных с исследованием взаимодействия частично-поляризованного излучения с анизотропными системами, сфера Пуанкаре не позволяет, однако, упростить численные расчеты, потому что в этом случае необходима работа с трехмерным объектом. В то же время в ряде случаев, особенно при изучении большого количества векторов Стокса (исследование поляризационных свойств излучения пульсаров, поляризационный анализ выходного излучения анизотропных оптических квантовых гене-

раторов и т. п.), целесообразно иметь инструмент, который мог бы ускорить и облегчить численные расчеты по формулам (1).

Описываемая ниже диаграмма является аналогом сферы Пуанкаре и позволяет сравнительно просто производить численный пересчет параметров Стокса в поляризационные характеристики электромагнитного излучения и обратно. Принцип действия диаграммы основан на том, что геометрические построения по нахождению вектора в трехмерном пространстве проводятся на плоскости. Диаграмма представляет собой круг радиусом $R=I$ (рис. 2). Удобно положить $R=I=1$. Два взаимно перпендикулярных диаметра имеют шкалу делений от -1 до $+1$. На одном из диаметров откладываются значения параметров Q и V , на другом — значения параметра U и геометрической суммы параметров Q и U . Нанесенные на диаграмме окружности предназначены для осуществления унитарного преобразования векторов.

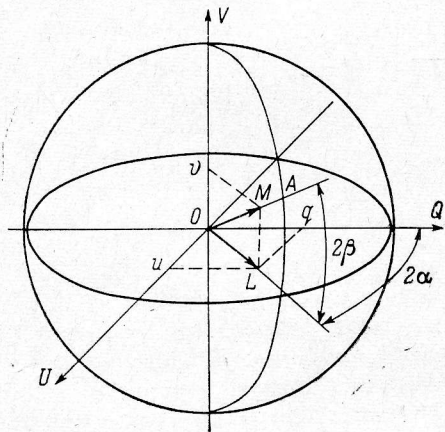


Рис. 1.

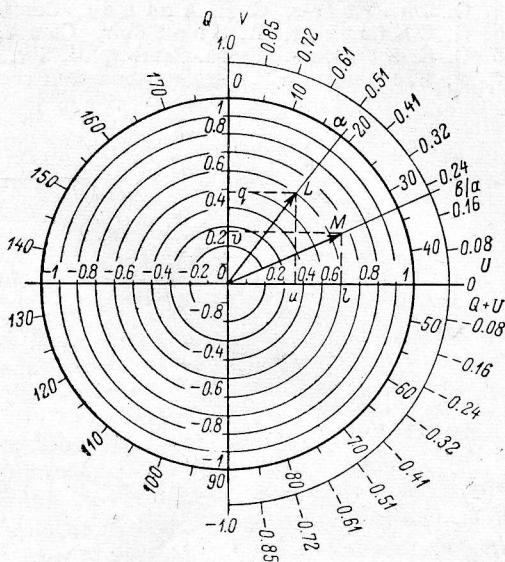


Рис. 2.

Для нахождения поляризационных характеристик излучения, описываемого вектором Стокса $\{I, q, u, v\}$, $q^2 + u^2 + v^2 \leq I^2$, отложим на соответствующих осях значения q и u и найдем результирующий вектор L . Азимут эллипса поляризации определяется тогда углом между этим вектором и осью Q по шкале, нанесенной по окружности диаграммы непосредственно в градусах. Отложим длину вектора L на соответствующей оси, двигаясь по окружности, проходящей через конец вектора L . Наметим на оси V значение параметра Стокса v . В результате легко определяется вектор Стокса M , соответствующий поляризованной части электромагнитного излучения. Эллиптичность эллипса поляризации определяется углом между этим вектором и осью $Q+U$ по шкале, нанесенной по полуокружности диаграммы непосредственно в значениях эллиптичности. Для определения длины вектора M , которая является искомой степенью поляризации, следует совместить этот вектор с любой из ортогональных осей, двигаясь по окружности, проходящей через конец вектора M .

Аналогично решается обратная задача, т. е. определение параметров Стокса по заданным значениям азимута, эллиптичности и степени поляризации излучения.

Для удобства работы с диаграммой ее можно изготовить в виде двух взаимно вращающихся кругов, на одном из которых наносятся координаты Q и U , а на другом — координаты V и $Q+U$.

Простота в изготовлении и удобство в использовании позволяют надеяться, что описанная диаграмма будет полезна при работе со стоковскими параметрами электромагнитного излучения.

В заключение автор выражает благодарность Н. А. Есепкиной, В. Ю. Петрунькину и С. В. Кружалову за обсуждение настоящей работы.

Литература

1. Д. В. Корольков, Н. С. Соболева, Г. Б. Гельфрейх, Изв. Глав. астр. обс. в Пулкове, **21**, № 164, 5, 1960.
2. Н. А. Есепкина, Астрофизические исследования (Изв. Спец. астрофиз. обс.), **4**, стр. 157, 1972.
3. Sun Lu, T. A. Rabson, Appl. Opt., **5**, 1293, 1966.
4. G. Chartier, C. H. Aninat, Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, **265**, 815, 1967.
5. G. Chartier, A. Septier, Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, **266**, 417, 1968.
6. G. G. Stokes. Trans. Camb. phil. Soc., **9**, 339, 1852.
7. У. Шерклифф. Поляризованный свет. Изд-во «Мир», М., 1965.