

539.12.01(049.3)

## КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ И ПАРАСТАТИСТИКА

Ohnuki Y., Kamefuchi S. *Quantum Field Theory and Parastatistics*. — University of Tokyo Press, — Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1982. — 489 p.

Основу современной квантовой теории поля составляют правила квантования полей — подчинение последних определенным перестановочным соотношениям. Естественно, всегда стоял вопрос об однозначности процедуры квантования полей. Стандартные правила, основанные на предположении о  $c$ -числовом характере коммутаторов полей с целым спином или антикоммутаторов полей с полуцелым спином, оказываются достаточными, но не необходимыми. Гринем (H. S. Green) и Д. В. Волковым была предложена схема квантования полей, основанная на более общих — трilinearных коммутационных соотношениях для операторов полей и удовлетворяющая всем необходимым требованиям согласованности канонического формализма (уравнений Гейзенберга и Эйлера — Лагранжа), а также требованиям локальности. Такая схема получила наименование «параквантования» полей, а соответствующая ей статистика частиц (квантов этих полей) — «парастатистика». Обычная схема квантования полей и обычные статистики Бозе — Эйнштейна и Ферми — Дирака являются частными случаями (решениями) этой более общей схемы. Таким образом, возникает проблема исследования других возможных решений и статистик, имеющих место в этой схеме, а также выяснение их физического смысла.

В книге японских авторов Онуки и Какефучи, внесших существенный вклад в решение указанной проблемы, с большим педагогическим мастерством излагаются основы параквантования: от обобщения обычного канонического квантования для простейших систем бозе- и ферми-подобных осцилляторов (часть I) до параквантования нерелятивистских (части II и III) и релятивистских (часть IV) полей, понимаемых как бесконечный набор таких осцилляторов. При этом последовательно вскрывается алгебраически-групповой характер коммутационных соотношений для операторов рождения и уничтожения частиц. Именно на связи алгебр Ли ортогональной и симплектической групп с параферми- и парабозе-квантованием соответственно основан оригинальный подход авторов книги к обобщенному квантованию полей.

В части I вводится важное понятие порядка парастатистики: числа, больше которого не может быть парафермионов в симметричном состоянии или парабозонов в антисимметричном состоянии. Далее, для фиксированного порядка выводятся специфические коммутационные соотношения. Здесь же указывается весьма общее, хотя и приводимое, представление пареоператоров в виде прямых сумм стандартных коммутирующих фермионных или антикоммутирующих бозонных операторов — так называемый анзац Грина.

В части II устанавливается структура векторов состояний в фоковском (с единственным вакуумом) представлении нерелятивистского параполя. После этого достигается основная цель — устанавливается эквивалентность теории параполя данного порядка  $p$  теории обычных полей, обладающих скрытой  $O(p)$ ,  $SO(p)$ ,  $U(p)$  или  $SU(p)$  симметрией в зависимости от выбора наблюдаемых. Здесь же отмечается ограниченность такой эквивалентности: каждому неприводимому представлению одной из указанных групп может отвечать (но может и не отвечать) лишь единственный вектор состояния парачастиц. В части III эти выводы распространяются на случай нескольких нерелятивистских параполей. В части IV рассмотрение переносится на релятивистские параполя. В частности, предпринимается изучение дискретных  $S$ ,  $P$  и  $T$  преобразований для парополей. Завершением основного содержания книги является изложение попыток применения теории параполя в физике элементарных частиц.

Особый интерес представляет разбор предположения Гринберга (O. W. Greenberg) о подчинении кварков параферми-статистике порядка 3. Оказывается, что при его последовательном развитии невозможно добиться того, чтобы теория была локально калибровочно инвариантной при введении элементарных цветовых калибровочных полей. Таких полей может быть только три (в соответствии с третьим порядком самих кварков) в отличие от восьми физических глюонных полей. В связи с этим авторы книги склоняются к мысли о составной структуре глюонов как связанных состояний кварка и антикварка.

Книга в значительной степени представляет собою изложение оригинальных результатов ее авторов. К некоторым из их утверждений следует относиться критически. Так, многие рассуждения основаны на применении вышеуказанного анзаца Грина. Следует, однако, подчеркнуть, что такое представление было доказано лишь для свободных параполей, а для взаимодействующих (гейзенберговских) параполей оно носит гипотетический характер. Особенной осторожности также требует постановка вопроса об установлении статистики физических частиц. По нашему мнению, нет особого смысла в установлении статистики конкретных элементарных частиц (§ 22.1), поскольку парастатистика сводится

к обычной статистике при наличии некоторой скрытой внутренней степени свободы. Правомерным был бы вопрос о возможности формулировки известных физических симметрий в рамках параполевого теории. Однако в этом направлении имеются лишь предварительные попытки, которым посвящена глава 22 и которые к тому же нашли в ней далеко неполное отражение.

В этом отношении для читателя, возможно, будет полезным узнать о посвященном этому вопросу обзоре автора рецензии («Парастатистика и внутренние симметрии». — Физ. ЭЧАЯ, 1983, т. 14, вып. 5).

Книга представляет собой первую попытку собрать воедино большое число результатов, полученных ее авторами, а также другими исследователями, и относящихся к фундаментальной, но пока что удаленной от основных направлений развития физики элементарных частиц области теоретической физики. Можно, однако, не сомневаться в ее ценности как для специалистов, работающих в этой области, так и для всех, кто интересуется основами современной теории поля и ее возможными обобщениями.

*А. Б. Говорков*