решетки ИО элементов связи — коммутаторов. Если в одном коммутаторе переключение может осуществляться за 1 нс, то перестановка в 1 млн. каналов может быть осуществлена менее чем за 1 мкс.

В целом уровень представленных на конференцию докладов отражает современный уровень развития интегральной оптики, и книга, безусловно, полезна для физиков и химиков, интересующихся проблемами интегральной оптики и технологии роста интегрально-оптических структур.

Г. Н. Шкердин

532.120(049.3)

КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА СИЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

Greiner W., Müller B., Rafelski J. Quantum Electrodynamics of Strong Fields. With an Introduction into Modern Relativistic Quantum Mechanics.— Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1985.— 594 p.— (Texts and Monographs in Physics/Eds W. Beiglbock, J. L. Birman, E. H. Lieb, T. Regge, W. Thirring).

Книга посвящена изучению изменения основного состояния (называемого вакуумом) e^+e^--поля в сильном внешнем электромагнитном поле. Основная цель — изложение и развитие теории рождения пары, одна из частиц которой связывается потенциалом поля, а вторая — уходит на бесконечность. Без учета частиц, ушедших на бесконечность, основное состояние при наличии глубокой потенциальной ямы содержит частицы в связанных состояниях (так называемый заряженный вакуум).

В книге имеется также прекрасный обзор экспериментальных работ по рождению пар при столкновении тяжелых ядер. Не вызывает сомнений, что громадные экспериментальные усилия, направленные на исследование этого процесса, не только подтвердят теорию, но и приведут к новым возможностям исследования деталей межъядерного потенциала тяжелых ядер и механизмов диссипации энергии при столкновениях.

Эффективные непертурбативные методы и идеи, возникшие в этой области, используются и будут использоваться в более сложных теориях (янг-миллсовские и гравитационные поля). Превосходное изложение этих вопросов в книге является очень ценным. Многие из обсуждаемых в книге вопросов находятся на переднем крае исследований. Развитие теории идет довольно естественной экстраполяцией от случая слабых полей, где каждое состояние относится либо к частице, либо к античастице. Вероятно, не все экстраполяции окажутся верными и подготовленный читатель найдет места, достойные критического анализа и самостоятельного исследования. Авторы отмечают и такие деликатные вопросы, как невозможность однозначно определить состояние электрона в сверхкритическом атоме, когда это состояние погружено в нижний континуум решений уравнения Дирака. Такие вопросы достойны дальнейшего изучения.

В книге дается обзор важных случаев рождения частиц полем. Рассмотрено постоянное электромагнитное поле и поля, отключающиеся при $t \to \pm\infty$. В этой части имеются ощутимые пробелы в освещении результатов. Из двух эквивалентных теорий — вторичноквантованной теории и теории Фейнмана,— по существу, рассматривается только первая. Кроме того, авторы в сильной степени используют теорию дырок Дирака. Это обстоятельство несколько затрудняет чтение в тех случаях, когда фейнмановская трактовка могла быть существенно проще. Определение электронного пропагатора как вакуумного среднего от соответствующих T-упорядоченных полевых операторов приводит к нескольким возможным фейнмановским пропагаторам, когда определение вакуумного состояния не однозначно (с. 234—236). Смысл этой неоднозначности фактически не раскрывается. В то же время

естественно считать, что фейнмановский пропагатор только один и может быть определен независимо от вакуумного состояния. Можно думать, что он определяется добавкой бесконечно малой отрицательной мнимой части к массе в собственно-временном представлении или в E_p-представлении Ритуса, т. е. так же, как и в случае хорошо изученных конфигураций внешних полей (см. сборники «Квантовая электродинамика явлений в интенсивном поле» (Труды ФИАН СССР, т. 111, 1979), «Проблемы квантовой электродинамики интенсивного поля» (Труды ФИАН СССР, т. 168, 1986)).

В книге имеется неплохое введение в релятивистскую квантовую механику с поучительными модельными примерами, иллюстрирующими рассматриваемые затем более сложные проблемы. Авторы затратили значительные усилия, чтобы сделать книгу доступной для начинающих исследователей, хотя и не все вопросы освещены одинаково удачно. Так, парадокс Клейна рассматривается в нескольких местах, но физическая картина все же остается в тени. Более того, на с. 120 (см. также с. 17) приводится интерпретация, противоречащая принципу Паули: «Следовательно, электроны, налетающие на барьер слева, могут выбивать электроны из заполненного нижнего континуума состояний, расположенного справа. Это обстоятельство объясняет, почему отраженный электронный ток больше, чем падающий». Здесь не говорится о том, что существует второе решение с отраженным потоком, меньшим, чем падающий. Оно характеризуется тем, что позитроны в правом полупространстве летят теперь от барьера, а не к нему, как у первого решения. Почему при интерпретации рождения пар полем не отдать предпочтение этому решению? Главное же состоит в том, что одно и то же решение описывает рождение пары барьером, если в начальном состоянии нет электрона, и его рассеяние, если он там имелся. В последнем случае вероятность рассеяния равна единице и рождения пары в этом состоянии не происходит, так как еще один электрон пары в этом состоянии невозможен. В первом случае в одном состоянии также не может возникнуть больше одной частицы, чего не видно из формулы (10.183). Чтобы увидеть это (и восстановить размерность в указанной формуле), следует ввести полное время наблюдения T и работать с решениями, нормированными так, что за время T на барьер падает одна частица. Это время определяет и точность $\Delta E = 2\pi/T$, с которой различимы состояния с заданной энергией E или расстояния между уровнями энергии. Тогда вероятность примет вид

$$N = \int \frac{w}{1+w} \frac{T\,\mathrm{d}E}{2\pi} = \sum_E \frac{w}{1+w},$$

где w — модуль отношения тока уходящих позитронов к току налетающих электронов. Спиновое состояние считаем фиксированным. Отсюда видно, что вероятность наблюдения частицы на одном уровне равна $w/(1+w)$, т. е. меньше единицы.

Заметим, кстати, что существенная эволюция в понимании информации, содержащейся в так называемых одночастичных решениях уравнений Дирака и Клейна — Гордона, не нашла отражения в книге; см. по этому поводу указанные выше труды ФИАН и монографию А. А. Гриба, С. Г. Мамаева и В. М. Мостепаненко «Квантовые эффекты в интенсивных внешних полях» (М.: Атомиздат, 1980).

Большой интерес представляют главы, посвященные эволюции вакуума в сверхкритических потенциалах, динамике соударений тяжелых ионов, поляризации вакуума в произвольно сильных полях, проблемам многих тел в сильных полях, бозонам, янг-миллсовским полям, сильным полям в общей теории относительности, и другие главы. Уже это беглое перечисление показывает, какой огромный материал охвачен в книге. Стоит отметить, что список литературы превышает 12 страниц. Здесь нет возможности останавливаться на мелких недостатках книги (например, на интерпретации формулы

(19.32)). К тому же многие из недостатков могут оказаться достоинством для более подготовленного читателя, так как они стимулируют размышления и исследования. В целом книга представляет собой фундаментальный труд, содержащий много оригинальных результатов активно работающих авторов. Изложение, как правило, ясное и доступно даже для студентов. Много полезного почерпнут для себя и специалисты по квантовой электродинамике, теории ядра и смежным областям.

А. И. Никишов