

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 537.8:530.145

В-951

2-84-674

ВЫШЕНСКИЙ

Сергей Викторович

**ПОЛНЫЕ ФУНКЦИИ ГРИНА
В ТЕОРИИ ИСТОЧНИКОВ**

**Специальность: 01.04.02 - теоретическая
и математическая физика**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Работа выполнена на кафедре квантовой статистики и теории поля физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова

Научный руководитель:
доктор физико-математических наук
профессор

В.А.Мещеряков

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук
профессор

Б.А.Арбузов

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

П.С.Исаев

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт ядерных исследований АН СССР, Москва

Автореферат разослан " _____ " 1984 г.

Защита диссертации состоится " _____ " 1984 г.
на заседании Специализированного совета КО.47.01.01 Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московская область.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета:
кандидат физико-математических наук

В.И.Журавлев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Традиционно в квантовой теории поля применялись, как правило, приближенные методы динамического расчета. В последнее время практические потребности привели к необходимости количественно и качественно расширить область применения расчетных методов, а также повысить строгость их обоснований и оценки точности. Поэтому усилился интерес к точным результатам в квантовой теории поля, что, в свою очередь, стимулировало исследование самосогласованности основных принципов теории.

Так, значительное развитие получила проблема нефизических сингулярностей полных функций Грина. Со времен классических работ Л.Д.Ландау эти особенности связывались с неприменимостью используемых приближений в соответствующих кинематических областях. Однако недавно на примере некоторых квантовополевых моделей было показано, что подобного типа особенностями обладают и точные выражения для полных функций Грина. Вместе с тем, аналитические свойства полных функций Грина (их спектральные представления) тесно связаны с принципом причинности.

В связи с этим возникает задача прямого исследования совместности уравнений Дайсона для полных функций Грина с принципом причинности.

Такая задача может быть частично решена при использовании недавно предложенной теории источников Швингера.

Как известно, теория источников Швингера представляет собой попытку разрешения трудностей современной релятивистской квантовой теории путем пересмотра некоторых ее основных положений. Ключевую роль в этом подходе играет понятие об акте взаимодействия частиц. Взаимодействие служит и физическим источником частицы в ограниченной области пространства-времени, и средством измерения. В противоположность асимптотической постановке задачи стандартной теории рассеяния, здесь

рассматривается эволюция квантовых состояний частиц, возникающих и исчезающих на конечных пространственно-временных расстояниях. Поэтому в теории отсутствуют ультрафиолетовые расходимости и не используется гипотеза слабой связи.

Упомянутые особенности теории источников дают возможность явно сформулировать модельное предположение о локализуемости эффективного источника многочастичной системы, что позволяет более тщательно учесть условие макропричинности при конструировании уравнений типа Дайсона для полных функций Грина.

Цель настоящей работы

- Построение в рамках теории источников Швингера на основе модельного предположения о локализуемости эффективного источника системы многих частиц уравнений для полных функций Грина, явно совместных со спектральными представлениями этих функций.

- Исследование асимптотик полученных функций Грина вне традиционной области применимости метода ренормализационной группы.

- Сравнение полученных результатов с предсказаниями стандартной операторной квантовой теории поля.

Научная новизна и практическая ценность работы

На основе модельного предположения о локализуемости эффективного источника развит метод получения уравнений для полных функций Грина, точные и приближенные решения которых свободны от нефизических сингулярностей, а приближенные решения аналитичны по константе связи.

Выявлена пространственно-временная структура высших поправок к приближенным выражениям для полных функций Грина.

Продемонстрирована ренорминвариантность полученных уравнений. В электродинамике найдена связь функции Гелл-Манна - Лоу со спектральной функцией фотонного пропагатора, получена растущая асимптотика инвариантного заряда при стремлении квадрата переданного импульса к бесконечности.

Для защиты выдвигаются следующие основные результаты, полученные в диссертации

I. На основе теории источников Швингера в рамках модельного предположения о локализуемости эффективного источника многочастичной системы развит метод получения уравнений для полных функций Грина, точные и приближенные решения которых свободны от нефизических сингу-

лярностей, а приближенные решения аналитичны по константе связи.

2. Дана пространственно-временная картина вкладов виртуальных и реальных процессов в полные функции Грина.

3. Показана ренорминвариантность предложенного подхода и продемонстрирован степенной рост инвариантного заряда в электродинамике при стремлении квадрата импульсных передач к бесконечности, причем результаты ренормгруппового подхода в операторной квантовой теории поля дают преасимптотику полученных выражений.

4. Полученные уравнения применены для описания пропагаторов неустойчивых векторных мезонов и электромагнитного формфактора пиона. Показано, что учет уже однопетлевых эффектов в модели векторной доминантности позволяет здесь правильно описать экспериментальные значения формфактора пиона, а также вычислить ширину ρ -мезона, если известны массы ρ - и π -мезонов.

Апробация диссертации

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на семинарах Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований и Научно-исследовательского института ядерной физики Московского государственного университета, а также на II Всесоюзном рабочем совещании "Гравитация и объединение фундаментальных полей (Киев - 1982)".

Публикации

По результатам диссертации опубликовано 7 статей.

Объем работы

Диссертация состоит из введения, трех глав основного содержания и заключения, содержит 100 страниц машинописного текста, 15 рисунков и библиографический список литературы из 104 ссылок и 181 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дан обзор достижений, применений и современного состояния теории источников Швингера. Отмечено, что во многих случаях преимущества теории источников обусловлены применением метода полных функций Грина в пространстве-времени. Кратко изложено содержание работы.

Глава I посвящена описанию одного из расчетных методов теории источников — причинного.

В § I введено одно из основных понятий теории — физический источник. Физический источник — это локализованный до некоторой степени динамический процесс, приводящий к появлению определенного квантового состояния. Источники осуществляют также и процедуру детектирования и (или) измерения. Любое взаимодействие между частицами может рассматриваться как источник.

В § 2 рассмотрены основные постулаты теории источников. На примере скалярных частиц обсуждаются понятия вакуумной и многочастичных амплитуд, многочастичные эффекты типа Бозе-конденсации, функции Грина свободных частиц.

В § 3 описаны частицы единичного спина, причем рассмотрение допускает плавный предельный переход к нулевой массе, то есть к случаю фотона.

В § 4 рассмотрены частицы спина $1/2$. Обсуждается принцип Паули.

В § 5 введено понятие поля источников, выводится вариационный принцип, строятся полевые уравнения.

В § 6 на примере электродинамики рассмотрена система взаимодействующих частиц. Введены понятия примитивного взаимодействия, обобщенного и эффективного источников, разложения по динамическим уровням. Рассмотрен низший уровень — скелетное приближение. Подчеркивается, что не требуется сходимости рассматриваемых рядов, поскольку разные слагаемые ряда здесь описывают разные физические процессы.

В § 7 на примере комптоновского рассеяния демонстрируется вычисление матричных элементов матрицы рассеяния.

В восьмом и девятом параграфах введено понятие о виртуальной частице. Вычислена важная для дальнейшего рассмотрения однопетлевая поправка к фотонному пропагатору. Обсуждаются причины отсутствия ультрафиолетовых расходимостей. Показано, что прогресс достигается за счет качественного различия бесконечно удаленных асимптотических состояний (характерных для операторной теории поля) и физических источников, расположенных на, вообще говоря, конечных пространственно-временных расстояниях. Именно последняя ситуация характерна для эксперимента.

Глава II посвящена изучению пространственно-временной картины уравнений для полных функций Грина.

В § I обсуждается важное свойство физического источника — его

локализуемость. Локализуемость источника означает, что физический процесс, осуществляющий источник какого-либо квантового состояния, происходит обязательно в ограниченной пространственно-временной области. Это прямо связано с тем обстоятельством, что на эксперименте изучается эволюция состояний вне областей рождения и уничтожения этих состояний (источников и детекторов). Локализуемость источника необходима также для возможности причинного описания процессов. Свойство локализуемости распространяется и на обобщенные источники, то есть на источники систем частиц, в частности, с учетом взаимодействия между частицами системы (здесь, однако, не рассматриваются связанные состояния).

В § 2 показано, как модифицируется выражение для обобщенного источника системы частиц за счет последовательных рекомбинаций в виртуальную частицу. Требование локализуемости обобщенного источника приводит к такой картине в пространстве-времени, где рекомбинация системы в виртуальную частицу и обратно может происходить лишь в микроскопической (то есть экспериментально не контролируемой) окрестности источника.

В § 3 строится выражение для полных функций Грина на примере фотонного пропагатора. При этом конструктивным методом получения уравнений, совместных со спектральными свойствами, становится выяснение пространственно-временной структуры процессов, следующей из микроскопической причинности при принятии предположения о локализуемости эффективного источника.

В четвертом параграфе с использованием методов теории источников продемонстрирована связь электродинамической функции Гелл-Манна — Лоу со спектральным весом фотонного пропагатора, установлено неравенство, которому удовлетворяет функция Гелл-Манна — Лоу. Отличительной особенностью рассмотрения является отсутствие предположений о величине "голого" заряда.

В § 5 причинная диаграммная техника теории источников использована для исследования асимптотики фотонного пропагатора, найденного в § 3, при бесконечном значении квадрата переданного импульса. Получен степенной рост асимптотики ренорминвариантного выражения для бегущей константы связи в электродинамике. Результаты стандартного подхода в операторной теории поля дают предасимптотику полученных выражений.

В § 6 проведено подробное сравнение уравнения для полного фотонного пропагатора, полученного в § 3, с уравнением Дайсона на примере однопетлевого приближения для поляризационного оператора. Показано,

что решения обоих уравнений отличаются лишь начиная с третьего порядка по константе связи. Это означает, что значения наблюдаемых величин (например, аномального магнитного момента), рассчитанные в обоих подходах, будут отличаться лишь начиная с четвертого порядка по константе связи. Здесь же дано сравнение со способом представления уравнения Дайсона в спектральной форме, предложенного П.Редмондом.

Глава III посвящена приложению развитых методов для описания адронов.

В первом и втором параграфах рассмотрено предположение о том, что ро-мезон представляет собой систему взаимодействующих пионов. В нашем подходе уже однопетлевое приближение для поляризационного оператора в модели векторной доминантности позволяет получить правильные аналитические свойства электромагнитного формфактора пиона, а также хорошо описать экспериментальные данные для модуля формфактора в интервале от -9 до 1 ГэВ^2 квадрата переданного импульса.

В §3 показано, что требование нулевой асимптотики электромагнитного формфактора пиона позволяет выразить значение ширины ро-мезона через массы ро- и пи-мезонов. Получена падающая дробно-степенная асимптотика формфактора.

В §4 рассчитаны некоторые низкоэнергетические структурные параметры пиона.

В заключении кратко перечислены основные результаты, полученные в диссертации.

Результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Вышенский С.В. Пространственно-временная структура радиационных поправок. Теоретическая и математическая физика, 1984, т.58, №1, с. 50-60.

2. Вышенский С.В., Иванов Ю.П. Спектральность функции Гелл-Манна - Лоу. Сообщение ОИЯИ, Р2-82-870, Дубна, 1982.

3. Ivanov Yu.P., Vyshensky S.V. Photon Propagator Asymptotics at $Q^2 \rightarrow \infty$ in the Source Theory. Communication JINR, E2-82-824, Dubna, 1982, p. 1-4.

Иванов Ю.П., Вышенский С.В. Асимптотика фотонного пропагатора при $Q^2 \rightarrow \infty$ в теории источников Швингера. Сообщение ОИЯИ, Е2-82-824, Дубна, 1982, с. 1-4.

4. Вышенский С.В. Электродинамика высоких энергий. Космические исследования на Украине, 1983, вып. 17, с. 71-72.

5. Vyshensky S.V. Diagram Summation Method in Schwinger Source theory. Preprint JINR, E2-82-681, Dubna, 1982, p. 1-5.

Вышенский С.В. Метод суммирования диаграмм в теории источников Швингера. Препринт ОИЯИ, Е2-82-681, Дубна, 1982, с. 1-5.

6. Вышенский С.В. Однопетлевые эффекты в модели векторной доминантности. Депонировано в ВИНТИ, № 6376-82, Москва, 1982, с. 1-17.

7. Вышенский С.В., Иноземцев В.И. Низкоэнергетические теоремы для комптоновского рассеяния на мишени, находящейся в вырожденном состоянии. Сообщения ОИЯИ, Р4-81-327, Дубна, 1981, с. 1-7.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 октября 1984 года