

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

006.3 530.145

**МЕЖДУНАРОДНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО НЕЛОКАЛЬНОЙ
КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ
(Дубна, 4—7 июля 1967 г.)**

Международное совещание по нелокальной квантовой теории поля проходило в Дубне с 4 по 7 июля 1967 г. В работе совещания приняли участие около 70 ученых из 13 стран (Болгария, Венгрия, Вьетнам, ГДР, Италия, Польша, Румыния, СССР, США, Франция, ФРГ, Чехословакия, Швейцария).

Конференцию открыл профессор Д. И. Блохинцев (СССР). Он отметил, что совещание такого рода собирается впервые. За последнее время сильно возрос интерес к нелокальной теории в связи с известными трудностями, встречающимися в локальной квантовой теории поля.

Определение понятия нелокальной теории не является четким. Наиболее естественно разуместь под нелокальной теорией, начиная с пионерской работы Г. Ватагина, квантовую теорию, содержащую некоторую «элементарную» длину l . Эта длина должна определять масштаб области, внутри которой нарушаются обычные условия микроскопической причинности.

Большинство работ, представленных на это совещание, подходит под это определение. Видимо, не будет ошибкой сказать, что все они носят характер глубокой разведки в будущее и далеки от общего признания.

На совещание было представлено более тридцати докладов. Они были разделены на пять разделов: макроскопическая причинность, модели нелокальной теории поля, квантование пространства-времени (искривленное импульсное пространство), перенормируемые теории и нелокальность, некоторые общие вопросы.

Д. А. Кириц (СССР) сделал обзор современного состояния нелокальной квантовой теории поля (НТП). Сущность НТП выступает наиболее четко при сравнении с локальной теорией, основанной на трех постулатах: а) релятивизм, б) квантовая механика и в) локальность. Первые два постулата имеют четкий смысл, чего нельзя сказать о третьем. Так, в релятивистской квантовой теории само понятие о точечном событии лишено смысла из-за невозможности реализовать волновой точечный пакет в 4-мерном смысле. Поэтому физически нет оснований запрещать нарушения причинности «в малом». При отказе от постулата локальности возникают многие трудности, относящиеся ко всем аспектам теории. Однако за последнее время наметился некоторый прогресс в понимании и преодолении этих трудностей.

Другой стороной НТП являются практические поиски экспериментов, где можно было бы проникнуть в область малых расстояний и извлечь конкретную информацию о реальном существовании элементарной длины. Такие поиски ведутся, однако в настоящее время можно лишь говорить только о верхней границе l . Из опытов Линденбаума при больших энергиях получается оценка $l \lesssim 2 \cdot 10^{-15}$ см, а из мессбауэровских опытов можно извлечь оценку $l \lesssim 10^{-20}$ см.

В своем докладе М. Фирц (Швейцария) высказал общие соображения о математической незавершенности современных моделей нелокальной теории поля. Чрезвычайно трудно согласовать такие основные принципы теории, как релятивистская ковариантность, унитарность, локальность и градиентная инвариантность. По его мнению, в перспективе нелокальная теория лишь поможет понять математическую структуру локальной теории, но не будет иметь самостоятельное значение как реальная физическая теория.

Основная часть докладов была посвящена вопросам формулировки условия макропричинности, обсуждению возможностей обнаружения в эксперименте элементарной длины, построению различных моделей нелокальной квантовой теории поля.

Г. В. Ватагин (Италия), исходя из гипотезы о существовании кварков, подчиняющихся в системе покоя составных частиц (π -мезона, например) метрике де Ситтера, получил формфакторы кварков, входящих в описание составных частиц.

Д. И. Блохинцев (СССР) сформулировал условие макропричинности в пространствах Лобачевского $R_3(p)$ и Минковского $R_4(x)$, т. е. условие, которому должны удовлетворять амплитуды физических процессов на массовой оболочке. Это условие открывает широкие возможности для построения различных схем нелокальных взаимодействий.

Я. Жевуски (Польша) предложил несколько ослабить вне массовой оболочки основные требования, накладываемые постулатами локальной квантовой теории поля на S -матрицу (в частности, постулат микропричинности), но так, чтобы S -матрица на массовой оболочке подчинялась обычным требованиям локальной теории. В работе развивается функциональный метод исследования S -матрицы.

Д. А. Киржниц и В. А. Чечин (СССР) показали, что возможно использовать эффект Мёсбауэра для определения элементарной длины. Ими проведен расчет согласно модели квантованного пространства-времени, отвечающей импульсному пространству постоянной кривизны. Сравнение с точностью современного эксперимента дает следующую верхнюю границу для элементарной длины: $l \leq 10^{-20}$ см.

В работе А. Н. Лезнова (СССР) рассмотрена одна из возможностей квантования пространства-времени, когда координаты, импульсы, операторы лоренцевых вращений и действие интерпретируются как инфинитезимальные операторы группы движений ненаблюдаемого 6-мерного пространства определенной сигнатуры.

П. А. Усик (СССР) показал, что если частица обладает ненулевым спином и отличной от нуля массой покоя, то в заданный момент времени она принципиально не может быть локализована в произвольно малом объеме.

Д. А. Киржниц и А. Н. Лезнов (СССР) предложили вариант нелокальной градиентно-инвариантной электродинамики, основанный на расширении гильбертова пространства состояний с добавлением нефизических состояний с отрицательной нормой, на котором строится электродинамика с локальным градиентно-инвариантным взаимодействием, а затем производится проектирование на физическое пространство состояний.

В работе Г. П. Дюрра (ФРГ) продемонстрирован механизм работы индефинитной метрики в квантовой электродинамике, в теории частиц с нулевыми массами покоя и спином 2, которая формально связана с линеаризуемой гравитационной теорией. Сравниваются результаты, полученные в этих теориях, с результатами, полученными в модели Ли и нелинейной спинорной теории Гейзенберга, и показано, что локальная неканоническая спинорная теория может переходить в теорию с каноническими квантованными полями с нелокальным взаимодействием.

В работе Р. Л. Ингрэма (США) делается попытка избежать трудностей квантовой теории поля, вводя гипотезу о стохастической природе пространственно-временных координат, что приводит к зависимости S -матрицы от системы координат. Предлагается эксперимент по проверке зависимости сечений процессов рассеяния при больших энергиях от системы координат (лабораторная система и система центра инерции).

Н. Райски (Польша) предлагает вариант релятивистской градиентно-инвариантной макропричинной электродинамики, свободной от расходимостей. Вводится нелокальное взаимодействие, включающее формфактор, зависящий от вектора энергии-импульса системы. Вводится понятие когерентной системы, что означает ограничение физических состояниями, являющимися собственными состояниями инварианта $s = -p_\mu p^\mu$.

Г. В. Ефимов (СССР) предложил схему построения S -матрицы по теории возмущений, свободной от ультрафиолетовых расходимостей, для теории однокомпонентного скалярного квантованного поля. Причинность нарушается в малой пространственно-временной области. Формфакторы являются целыми функциями, так что аналитические особенности амплитуд в предлагаемой нелокальной теории такие же, как и в локальной.

В работе В. И. Григорьева (СССР) делается попытка сформулировать квантовую теорию поля в пространстве случайных координат. Автор предполагает, что мировая точка каждой частицы может быть фиксирована лишь с ограниченной точностью (координаты частиц наряду с регулярными частями $x_\mu^{(i)}$ имеют и случайные части $\eta_\mu^{(i)}$). Сформулированы уравнения квантовой теории поля и унитарная S -матрица в таком пространстве. Статистическое усреднение по «случайным» координатам, необходимое для получения окончательных результатов, приводит к появлению формфакторов в выражениях для функций распространения.

В. Д. Сутула (СССР) на классе сходящихся диаграмм в теории возмущений исследовал проблему макропричинности при введении формфакторов, фурье-образы

которых имеют лишь простые или кратные полюсы в комплексной плоскости импульсных переменных. Показано, что S -матрица в этих случаях удовлетворяет критерию макропричинности.

За последнее время усилился интерес к неперенормируемым теориям, а также к изучению связи между асимптотическим поведением амплитуд физических процессов и проблемой локальности теории. Ряд работ, представленных на совещание, касался этих вопросов.

Г. В. Ефимов (СССР) рассмотрел класс релятивистски-инвариантных обобщенных функций вида $K(x - x') = \sum_n c_n \square^n \delta^{(4)}(x - x')$ для различных последова-

тельствностей коэффициентов c_n . Оказалось, что между локальными обобщенными функциями умеренного роста и формфакторами типа Паули — Вилларса существуют классы локальных и нелокальных обобщенных функций, которые могут быть использованы при построении S -матрицы в квантовой теории поля.

В. Гютингер (ФРГ) исследовал локальные свойства четырехфермионного и других неперенормируемых взаимодействий. Им изучена локальная структура коммутаторов и антикоммутаторов и выведены условия локальности при наличии спектральных функций быстрого роста. С помощью обычной теории возмущений построено конечное решение неперенормируемой теории в пространстве Минковского. Решены уравнения для четырехфермионного взаимодействия в лестничном приближении и доказана его локальность.

Работа М. К. Волкова (СССР) посвящена исследованию релятивистской унитарной модели квантовой теории поля, содержащей спектральные функции быстрого роста (т. е. растущие быстрее любого полинома). Показано, что существуют нетривиальные лагранжианы взаимодействия, приводящие к указанным спектральным функциям, на основе которых можно построить локальную теорию, свободную от ультрафиолетовых расходимостей. При этом S -матрица унитарна и не сводится к единичной.

В работе Б. А. Арбузова и А. Т. Филиппова (СССР) рассматривается связь между асимптотическим поведением по импульсному переменным (существенная особенность) и аналитическими свойствами по константе связи g (точка ветвления при $g = 0$) функций Грина и вершинных функций в простых неперенормируемых теориях поля. Предлагается новый метод построения решений уравнений Дайсона и Бете — Сэлвитера в случае, когда функции Грина имеют растущую асимптотику и эти уравнения не имеют решений в обычном смысле. Метод основан на аналитическом продолжении по константе связи и по импульсному переменным с учетом общих ограничений, вытекающих из аксиом общей квантовой теории поля.

Ю. М. Ломсадзе и С. Токарь (СССР) показали, каким образом в эксперименте можно проверить асимптотические равенства сечений, получаемых из теоремы Померанчука и ее обобщений. Проведено строгое обоснование применимости обобщенного принципа максимума Фрагмена — Линделёфа — Неванлинны к доказательству дисперсионных соотношений и различных асимптотических равенств.

Б. Л. Воронцов (СССР) исследовал связь между характером убывания взаимодействия (вершинной функцией) при высоких энергиях и требованием строгой локализуемости теории (по А. Jaffe). Дано обобщение теоремы Лемана — Симанзика — Циммермана об убывании вершинной функции в строго локализуемых теориях. Сделана попытка преодолеть трудности с «зарядом нуль» с помощью выхода за рамки локализуемых теорий.

Кроме того, на совещание был представлен ряд докладов, непосредственно не связанных с нелокальной теорией поля, но представляющих определенный интерес.

Ю. М. Широков, Н. А. Розанов, М. Л. Харакан (СССР) показали, что теория, построенная только на описании реальных процессов S -матрицей, не может дать полную картину. Возможны эксперименты, где наблюдаются виртуальные частицы. Авторы рассматривают один из возможных опытов такого рода — эксперимент мёссбауэровского типа, когда возможно регистрировать времениподобный фотон, прелетающий конечное макроскопическое расстояние.

Л. В. Прохоров, В. А. Франке (СССР) показали, как квантовая механика, будучи сформулирована в некотором неметризованном пространстве, может породить псевдоевклидову метрику. Причем такая возможность существует лишь в рамках комплексных амплитуд вероятности.

Ж. П. Вижье (Франция) рассмотрел проблему возможного существования глобальной динамической группы, содержащей как внутренние (такие, как $SU(3)$ или $SU(2, 1)$), так и внешние (такие, как $\tilde{P} \times U(1)$ или $SO(4, 1) \times U(1)$) симметрии.

Н. С. Калитыном (Болгария) сделана попытка объяснить эффект Дике (смещение перигелия Меркурия из-за небольшого отклонения от сферически-симметричного распределения массы в Солнце из-за его вращения), обобщая уравнения Эйнштейна на пятимерные пространства Римана R_{3+2} .

Ю. М. Широков (СССР) установил связь коэффициентов при сингулярностях фурье-образов формфакторов матричных элементов скалярных полей (т. е. вычетов в полюсах и скачков на разрезах) с матрицей рассеяния. Такие связи получены для кинематического разреза, для аномального разреза, а также еще для одной многомерной особенности. Эти связи имеют сложный, нелинейный характер. Исследование проведено в нерелятивистском приближении в основном для s -рассеяния на неподвижном центре.

В работе Н. А. Черникова (СССР) развивается математический аппарат, пригодный для построения квантовой теории поля в пространственно-временном мире с произвольной метрической формой. Этот аппарат позволяет рассмотреть, например, поведение квантованного мезонного поля в классических гравитационном и электромагнитном полях, вообще говоря, произвольно зависящих от времени.

Б. М. Барбашов (СССР) рассказал о точном решении нелинейных уравнений электродинамики Борна — Инфельда в двумерном пространстве x, t . Плоские волны в этой нелинейной теории рассеиваются друг на друге, не изменяя своей формы. Была рассмотрена квантовая теория. Теория имеет, в отличие от других двумерных нелинейных моделей, нетривиальную S -матрицу.

Помимо упомянутых докладов, было проведено несколько семинаров, где были более подробно обсуждены некоторые из вопросов, затронутых на совещании.

Объединенный институт
ядерных исследований,
Дубна

М. К. Волков, Г. В. Ефимов