

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

539,12,01

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ**

(по материалам V Международного совещания  
по нелокальной квантовой теории поля. Алушта, Крым,  
19—25 апреля 1979 г.)

С 18 по 25 апреля 1979 г. в Алуште проходило V Международное совещание по нелокальной теории поля.

Это совещание, как и четыре предыдущих (Дубна, 1967 г.; Азау, 1970 г.; Алушта, 1973 г.; Алушта, 1976 г.), было организовано по инициативе директора Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований члена-корреспондента АН СССР Дмитрия Ивановича Блохинцева, скоропостижно скончавшегося в январе 1979 г.

Имя Д. И. Блохинцева неразрывно связано с историей мирного атома, с развитием различных областей современной физики, с большим вкладом в организацию советской науки, с разработкой ее философских и методологических вопросов.

Дмитрия Ивановича Блохинцева всегда привлекали самые актуальные проблемы теоретической физики. Ряд его работ был посвящен фундаментальным вопросам квантовой теории поля — причинности, нелокальным и нелинейным взаимодействиям. Для обсуждения последних достижений в этой области и рассмотрения широкого круга вопросов, касающихся структуры классической и квантовой теории поля, описывающей взаимодействия элементарных частиц, в 1967 г. по инициативе Д. И. Блохинцева в Дубне было создано Международное совещание по нелокальной квантовой теории поля. С тех пор эти совещания стали традиционными и повторялись регулярно через три года в различных местах нашей страны.

Настоящее совещание было посвящено памяти Д. И. Блохинцева. На нем обсуждались наиболее актуальные проблемы современной теории поля:

- Нелокальная теория поля и проблема сильной связи.
- Динамика малых расстояний.
- Неабелевы калибровочные теории.
- Единые теории поля и локальные симметрии.
- Классические решения нелинейной теории и проблема квантования.
- Удержание кварков в квантовой теории поля.

В работе совещания приняло участие около 130 ученых из 10 стран. Было заслушано и обсуждено более 50 докладов, 18 из которых имели обзорный характер.

Совещание показало, что выбранная тематика наиболее полно отражает основные направления исследований в квантовой теории поля. В каждом из перечисленных направлений за прошедшие три года был достигнут существенный прогресс.

**1. ПРОБЛЕМА СИЛЬНОЙ СВЯЗИ И НЕЛОКАЛЬНАЯ КТП**

Этой, одной из наиболее важных проблем КТП, было посвящено несколько докладов.

В докладе Д. И. Казакова и Д. В. Ширкова (ОИЯИ) был дан обзор проблемы суммирования асимптотических рядов теории возмущений. Обрисованы достижения последних лет в области вычисления коэффициентов этих рядов, а также способы получения оценок этих коэффициентов в высоких порядках теории возмущений. Подробно рассмотрен широкий класс методов суммирования асимптотических рядов, использующих информацию как из низких, так и из высоких порядков теории возмущений и основанных на паде-борелевском и конформном преобразованиях. Освещены

приложения этих методов суммирования рядов к задачам квантовой теории поля и статистической физики.

Этой же проблеме было посвящено и сообщение А. А. Владимирова, Д. В. Казакова, О. В. Горчакова (ОИЯИ), в котором изложено вычисление ренормгрупповых функций в модели  $\varphi_4^2$  в четырехпетлевом приближении. На их основе найдены коэффициенты  $\epsilon$ -разложения для критических индексов до  $\epsilon^4$  включительно. Для обработки рядов  $\epsilon$ -разложения использован метод суммирования, включающий борелевское и конформное преобразования. Результаты находятся в хорошем согласии с другими теоретическими подходами и с экспериментом.

Новое решение проблемы сильной связи в нелокальной теории было изложено в обзоре докладе Г. В. Ефимова (ОИЯИ). В этом случае  $S$ -матрица представлена через функциональный интеграл, для которого доказана теорема существования. Определены аналитические свойства плотности энергии вакуума по константе связи и ее асимптотика при  $g \rightarrow \infty$ . Там же описана возможность ввести кварки в рамках нелокальной теории поля как особые поля — виртоны, пропагатор которых не имеет полюсов. При этом согласие результатов модели с экспериментом оказывается вполне удовлетворительным.

Как известно, одним из методов теории сильной связи является метод дисперсионных соотношений. Развитию этого метода и доказательству обобщенной оптической теоремы был посвящен доклад М. К. Поливанова, А. А. Логунова, Б. В. Медведева, В. П. Павлова, А. Д. Суханова (СССР), где рассмотрены аналитические свойства матричного элемента рассеяния трех частиц в три и установлено, что различные амплитуды, отвечающие всевозможным каналам этого процесса, являются граничными значениями единой аналитической функции многих переменных. Отсюда вытекают свойства кроссинг-симметрии и обобщенная оптическая теорема, включающая, вообще говоря, вклад от 12 различных процессов. Развитая техника позволяет рассматривать и произвольные матричные элементы процессов  $m \rightarrow n$ .

Аналізу дисперсионных соотношений для  $nN$ -рассеяния в модели нелокальной теории, предложенной в работе Д. И. Блохинцева и Г. И. Колерова, было посвящено сообщение В. И. Журавлева (ОИЯИ). Оценка на фундаментальную длину в этой модели составляет  $10^{-17}$  см. При этом отмечается сильная зависимость значения фундаментальной длины от моделей нарушения причинности.

В обзоре докладе В. Г. Кадышевского (ОИЯИ) предложена новая калибровочно-инвариантная формулировка теории электромагнитных взаимодействий, содержащая, помимо  $\hbar$  и  $c$ , еще один универсальный масштаб — фундаментальную длину  $l$ . Уравнения движения для фермионного и электромагнитного полей содержат  $l$  как параметр и обобщают нетривиальным образом уравнения Дирака — Максвелла. Новые уравнения предсказывают существование у заряженных дираковских частиц электрических дипольных моментов, что ведет к нарушению  $P$  и  $CP$ -симметрий. Модифицированный лагранжиан электромагнитных взаимодействий дает естественную интерпретацию  $\mu e$ -универсальности. В этом лагранжиане содержится четырехфермионное взаимодействие, которое делает возможным распад  $\mu \rightarrow 3e$ , а также в принципе может привести к возникновению разности масс электрона и мюона. Из сравнения полученных теоретических предсказаний с экспериментальными данными определяется верхняя граница для фундаментальной длины  $l$ , которая оказалась равной  $10^{-16}$  см.

Новой концепции к КТП — нелокальным зарядам был посвящен доклад Я. Лопушаньского (ПНР). Нелокальные заряды определяются как естественные обобщения обычных зарядов релятивистской квантовой теории поля. Установлен общий вид этих зарядов в терминах асимптотических полей. Доложены предварительные результаты об ограничениях, налагаемых на нелокальные заряды в случае наличия взаимодействия.

Принципу причинности для системы с нелокальными классическими источниками было посвящено сообщение Д. А. Славнова (СССР). Выяснено, что обычное представление  $S$ -матрицы в виде  $T$ -экспоненты следует из принципа причинности только в случае, когда нелокальные источники сосредоточены на пространственноподобных гиперповерхностях. Построена адекватная регуляризационная процедура.

В сообщении А. Б. Говоркова (ОИЯИ) рассмотрено обобщение обычной схемы квантования полей, когда вторичному квантованию подвергается не волновая функция, а матрица плотности тождественных частиц. Алгебра операторов рождения и уничтожения оказывается при этом связанной с одной из классических групп — ортогональной, симплектической или унитарной.

В сообщении М. А. Соловьева (СССР) было найдено пересечение пространств, удовлетворяющих условию локализуемости Джаффе, и определена пространственно-подобная асимптотика вакуумных средних в нелокальной теории поля.

Оригинальная гамильтонова формулировка КТП была рассмотрена в сообщении С. Н. Соколова (СССР). Им были изложены гипотезы и факты, ведущие к релятивистской гамильтоновой теории прямого взаимодействия. Для наиболее общей квантовополевой гамильтоновой теории поставлена обратная задача рассеяния и найден частный класс решений этой задачи.

В сообщении И. Балынички-Бируля (ИНР) рассматривалось нелинейное обобщение уравнения Шредингера с логарифмической нелинейностью. Показано, что в этом случае уравнение Шредингера имеет аналитические, локализованные решения при любой размерности пространства, движущиеся подобно классическим частицам при сильной нелинейности и подобно квантовым при слабой.

## 2. ДИНАМИКА МАЛЫХ РАССТОЯНИЙ

Ряд докладов был посвящен теоретическому и экспериментальному исследованию динамики малых расстояний, наиболее вероятным претендентом на которую считается сейчас квантовая хромодинамика (КХД).

В докладе А. В. Ефремова и А. В. Радюшкина (ОИЯИ) был дан обзор работ, посвященных обоснованию партонной модели в рамках квантовой хромодинамики на основе исследования асимптотик фейнмановских диаграмм. В этом подходе удалось обобщить операторные разложения на ряд инклюзивных (рождение массивных лептонных пар в адронных столкновениях) и эксклюзивных (электромагнитный формфактор шона) процессов. Кроме того, в докладе рассмотрен экспериментальный статус КХД и сделано заключение о том, что она дает количественное описание многих характерных черт жестких процессов и по праву рассматривается как серьезный претендент на роль теории сильных взаимодействий. Вместе с тем отмечен ряд трудностей, связанных с ферми-движением кварков и различием констант связи, получаемых из разных источников.

Этому же вопросу был посвящен и доклад Д. Политцера (США). В отличие от подхода, развитого в предыдущем докладе, подход Политцера основан на исследовании массовых сингулярностей. Для самосогласованности партонной картины требуется, чтобы сингулярные члены можно было выделить в виде универсального множителя, приводящего к перенормировке «наивных» функций распределения и распада партонов. Показано, что такая факторизация имеет место во всех логарифмических членах всех порядков теории возмущений.

Доклад, представленный В. И. Захаровым (СССР), посвящен исследованию кварковых и глюонных полей в вакууме. Эти поля характеризуются вакуумными средними, такими, как  $\langle 0 | \bar{q}q | 0 \rangle$ ,  $\langle 0 | G_{\mu\nu} G_{\mu\nu} | 0 \rangle$ , где  $q$  — кварковые поля,  $G_{\mu\nu}$  — тензор напряженности глюонного поля. Найдены выражения для масс и лептонных ширин векторных и аксиально-векторных мезонов через упомянутые вакуумные средние. Обсуждается связь между  $\langle \bar{q}q \rangle$  и  $\langle G^2 \rangle$ , а также их связь с точкой нормировки  $\Lambda$  константы связи кварков с глюонами.

Этой же теме был посвящен ряд оригинальных сообщений.

В сообщении Н. И. Карчева (МИАН) рассматривались коэффициентные функции  $G_{\epsilon, \alpha}(p_1, \dots, p_N)$  диаграмм Фейнмана в безмассовых квантовопольевых моделях, где параметр  $\epsilon$  осуществляет инфракрасную регуляризацию пропагатора. Сформулированы условия существования предела  $\epsilon \rightarrow 0$ , необходимые для правильной формулировки вычитательной процедуры и для получения разложения Вильсона.

В сообщении А. В. Радюшкина (ОИЯИ) изложен новый подход к исследованию асимптотического поведения электромагнитного формфактора пиона в КХД. Показано, что при  $Q^2 \rightarrow \infty$  поведение  $F_\pi(Q^2)$  определяется динамикой взаимодействия на малых расстояниях. Получена формула, в которой асимптотика  $F_\pi(Q^2)$  выражается через фундаментальные константы теории.

В сообщении К. Г. Четыркина (СССР) обсуждался результат вычисления трехпетлевых поправок к полному сечению  $e^+e^-$ -аннигиляции в адроны в КХД с помощью развитой автором новой техники полиномов Гегенбауэра в  $X$ -пространстве. Показано, что поправки порядка  $\alpha_s^2$  не малы, и их учет приводит к уменьшению (приблизительно в 4 раза) значения фундаментальной постоянной  $\Lambda$ , определяющей масштаб сильных взаимодействий.

В докладе Э. Вицорека (ГДР) обсуждались поправки к пропагатору глюона в КХД, обусловленные неглавными логарифмами. Доказано, что включение неглавных логарифмов конечного порядка не может привести к появлению степенного поведения вблизи массовой поверхности, как это требуется для асимптотического невылетаания кварков.

## 3. НЕАБЕЛЕВЫ КАЛИБРОВОЧНЫЕ ТЕОРИИ

Значительное внимание на конференции было уделено неабелевым калибровочным теориям и в особенности полям Янга — Миллса, со спецификой которых связана надежда на решение вопроса об удержании «цвета».

Обзор современного состояния теории таких полей был сделан А. А. Славновым (СССР). В докладе обсуждались различные геометрические интерпретации эффекта Хиггса, а также роль инстантонов в квантовой динамике. Отмечалась возможность того, что в точной квантовой задаче инстантоны могут вообще не существовать. Был дан краткий обзор калибровочных теорий на решетке, рассмотрена формулировка

теории Янга — Миллса в терминах контурных переменных, явно демонстрирующая аналогию этой теории с нелинейной  $\sigma$ -моделью и позволяющая получить нелокальные законы сохранения.

В докладе В. Н. Первушина (ОИЯИ) была предложена новая процедура квантования неабелевых калибровочных полей, которая позволяет разделить поперечные степени свободы и степень свободы, описывающую топологические свойства поля Янга — Миллса. Квантование топологической степени свободы приводит к квантованию заряда и к физически нетривиальным фоновым полям с нулевым эффективным действием, способным «удержать» квантовые возбуждения цветных полей.

В докладе И. Я. Арефьевой (СССР) обсуждалась нелокальная переформулировка теории Янга — Миллса в терминах интегралов от калибровочного поля по замкнутым контурам. Было показано, что  $D$ -мерная теория Янга — Миллса эквивалентна  $D-1$ -мерной теории главного кирального поля на соответствующей глобальной группе, заданной на пространстве контуров. Такое эффективное снижение размерности пространства позволяет, например, утверждать, что трехмерная теория Янга — Миллса, так же как и двумерная нелинейная  $\sigma$ -модель для главного кирального поля, является вполне интегрируемой системой, к которой могут быть применены методы обратной задачи рассеяния. В докладе была продемонстрирована глубокая связь теории Янга — Миллса в контурном представлении с теорией релятивистских струн, т. е. с дуальностью: при определенных ограничениях на калибровочные поля ( $F_{\mu\nu} F_{\mu\nu} \sim \text{const} + \dots$ ) уравнение для главного кирального поля на контуре совпадает по виду с уравнением для функционала от замкнутой струны.

Интересная формулировка теории Янга — Миллса была предложена в докладе А. М. Полякова (СССР). Им были введены гриновские функции, аргументами которых являются не пространственновременные точки, а контуры. Детально рассматривается простейшая функция Грина, зависящая от одного контура. Этот подход позволяет надеяться, что поле Янга — Миллса, по крайней мере без кварковых полей, окажется, как и двумерные киральные поля, вполне интегрируемой системой, т. е. здесь можно будет построить бесконечные серии законов сохранения.

В докладе Ж. Зини-Жюстена (Франция) обсуждались свойства нового класса нелинейных сигма-моделей — так называемых  $CP_n$ -сигма-моделей, основанных на группе  $SU(n)$ . Путем включения некоторых неминимальных взаимодействий эти модели можно сделать калибровочно-инвариантными без введения независимых калибровочных полей.  $CP_n$ -модели проявляют особенно тесную аналогию с неабелевыми калибровочными теориями, и по этой причине их изучение может существенно прояснить проблему удержания кварков.

Этой же теме был посвящен ряд оригинальных сообщений.

В сообщении Е. А. Иванова (ОИЯИ) было показано, что предложенная ранее интерпретация калибровочных полей как голдстоуновских полей, естественно, приводит к переформулировке теории Янга — Миллса в терминах билокальных переменных. При этом теория Янга — Миллса оказывается определенным сектором нелинейной  $\sigma$ -модели для билокального главного кирального поля на соответствующей глобальной группе. В таком подходе струнный функционал калибровочных полей возникает естественным образом в результате ковариантного исключения несущественных параметров фактор-пространства локальной группы по глобальной подгруппе. Приведены аргументы, что симметричная фаза теории Янга — Миллса должна описываться билокальной линейной  $\sigma$ -моделью, и построены простейшие линейные бесконечномерные представления калибровочной группы.

В сообщении Б. М. Зупника (СССР) исследовались нелокальные группы симметрий, преобразования которых определяются унитарными интегральными операторами. Соответствующие калибровочные поля представляют собой билокальные полевые функции. В рамках нелокального обобщения теории Янга — Миллса обсуждалась гипотеза о нелокальном сильном взаимодействии кварков. Спонтанное нарушение и эффект Хиггса в нелокальных группах описываются с помощью билокальных голдстоуновских полей.

М. А. Савельевым и А. Н. Лезновым (СССР) для произвольной калибровочной группы были получены уравнения движения и уравнения дуальности в сферически-симметричном случае. Построено общее решение уравнений дуальности, которое обобщает уравнения Лиувилля для группы  $SU(2)$ .

В сообщении А. К. Погребкова и М. К. Поливанова (СССР) были рассмотрены глобальные решения двумерного уравнения Лиувилля, отвечающие начальным данным задачи Коши с особенностями. Показано, что сингулярности решений образуют гладкие непересекающиеся времениподобные кривые, уходящие на бесконечность.

В сообщении А. А. Мигдала (СССР) «Многоцветная хромодинамика» был разработан подход к неабелевым калибровочным теориям, базирующийся на функционалах, заданных на пространственно-временных контурах. Предполагалось, что именно этот подход будет наиболее адекватным при построении математического аппарата в теории Янга — Миллса. Тем же автором было рассмотрено введение в неабелевые калибровочные теории трех калибровочно-инвариантных антисимметричных тензорных

полей. Эти поля являются определенными нелинейными комбинациями сопряженного полевого тензора и подчиняются  $O(3)$ -алгебре. Выведен эффективный киральный лагранжиан для этих полей. Он описывает 3 векторных и 3 аксиальных поля с квантовыми числами вакуума. Массы возникают в результате спонтанного нарушения лоренцевой симметрии.

В докладе М. В. Терентьева (СССР) «Динамика на группе и интеграл по траекториям» из спектрального разложения функции Грина, описывающей свободное движение точки на произвольной компактной группе, выводилось представление в виде функционального представления, связанное с компактностью и кривизной группового представления.

Вопросы, связанные со сложной топологической структурой вакуума в калибровочных теориях, в частности проблема  $CP$ -инвариантности в КХД, были рассмотрены в докладе Матвеева В. А., Красникова Н. В. и Тавхелддзе А. Н. (СССР). Здесь обсуждались возможные пути решения этой проблемы: а) предположение о безмассовости  $u$ -кварка; б) существование легкого аксиона; в) динамическое подавление структуры  $\theta$ -вакуума.

Сообщение В. В. Бажанова, В. И. Бородулина, Г. П. Пронько и Л. Д. Соловьева (СССР) было посвящено квантовой теории монополя Дирака — Швингера. Была получена амплитуда электрон-монополярного рассеяния на малые углы, удовлетворяющая требованию релятивистской инвариантности.

#### 4. ЕДИНЫЕ ТЕОРИИ ПОЛЯ И ЛОКАЛЬНЫЕ СИММЕТРИИ

В связи с большими успехами объединенной теории слабых и электромагнитных взаимодействий Салама — Вайнберга особенно интересными кажутся попытки объединения на основе суперградиентных симметрий всех взаимодействий, включая и гравитационные. Этим вопросам также было уделено значительное внимание на совещании.

В докладе С. М. Биленького (ОИЯИ) дан обзор последних экспериментальных данных по нейтральным токам. Продемонстрировано согласие данных с калибровочной теорией Вайнберга — Салама. Подробно рассмотрена проблема смешивания лептонов и осцилляции нейтрино. Детально обсуждены  $P$ -нечетные асимметрии в глубоко-неупругом рассеянии поляризованных лептонов нуклонами.

В докладе М. К. Волкова и Д. Эберта (ОИЯИ) было продемонстрировано, что все распады псевдоскалярных мезонов основного октета могут быть хорошо описаны в рамках квантовой киральной  $SU(3) \times SU(3)$ -симметричной теории. Обнаружено расхождение теории и эксперимента только при описании распада  $\eta \rightarrow \rho\gamma\gamma$ . В  $SU(4) \times SU(4)$ -теории построена единая модель Салама — Вайнберга. Предложена схема нарушения  $SU(4) \times SU(4)$  симметрии, позволяющая получать массовые формулы для 15-плета мезонов и 20-плета барионов.

В докладе В. И. Огиевского и Э. Сокачева (ОИЯИ) была предложена минимальная группа супергравитации. Она задается как комплексная супергруппа общих преобразований координат в сопряженных левом и правом киральных суперпространствах. Гравитационное аксиальное суперполе отождествляется с мнимой частью векторной координаты комплексного суперпространства. Для этой супергруппы развит формализм дифференциальной геометрии. В нем все величины выражаются в терминах только гравитационного суперполя, а локальная группа Лоренца индуцируется мировой супергруппой.

В докладе Д. В. Волкова и В. В. Акулова (СССР) были рассмотрены суперпространства с размерностью  $n = n_b + n_f$ , где  $n_b$  — размерность бозе-координат,  $n_f$  — размерность фермионных координат. Показано, что суперпространства Эйнштейна с размерностями  $(0,2)$ ,  $(0,4)$ ,  $(1,2)$  являются пространствами постоянной кривизны. Было найдено вакуумное решение и получены решения уравнений Киллинга, сохраняющие вакуумную метрику в суперпространстве  $(1,2)$ . Группа движений этой метрики содержит в качестве подгруппы группу суперсимметрии.

Движение точечной частицы в суперпространстве с наиболее общей метрикой было рассмотрено в сообщении А. И. Пашнева и Д. В. Волкова (СССР). Соответствующее действие инвариантно относительно произвольных преобразований собственного времени, результатом чего является наличие в модели связей. Показано, что при определенных условиях связи второго рода пропадают и в модели остается одна связь первого рода. Получающиеся уравнения движения допускают точное решение, которое затем может быть легко проквантовано. Требование выполнения имеющейся связи на физических состояниях приводит к определенным соотношениям между массами частиц. В спектре физических состояний модели содержатся три неприводимых супермультиплетта, внутри каждого из которых частицы вырождены по массе. Два из этих супермультиплетов являются скалярными, а один — векторным.

В докладе Г. Паризи (Италия) рассматривались ограничения на массы частиц и значения фундаментальных констант. Показано, что тот факт, что в логарифмической шкале массы нуклона и  $W$ -бозона близки по сравнению с планковской массой, находит

свое естественное объяснение в рамках объединенной модели всех видов взаимодействий, если число кварков порядка 16—20. Для 16 кварков получено ограничение на значение  $\alpha < 1/130$  и  $\sin^2\theta_W \approx 0,17$ . Получено ограничение на массы самого тяжелого кварка и хиггсовского бозона:  $m \leq 200$  ГэВ. В том случае, когда масса кварка  $\geq 100$  ГэВ. В том случае, когда масса кварка  $\geq 100$  ГэВ, масса хиггсовского бозона также ограничена снизу.

В докладе В. П. Фролова (СССР) был дан обзор широкого круга вопросов, связанных с явлением «квантового испарения» черных дыр. Особое внимание уделено объяснению причины взаимодействия тепловой матрицы плотности, описывающей частицы, рожденные черной дырой, в частности связь с принципом эквивалентности. Приведены аргументы в пользу того, что учет квантовых эффектов ослабляет, а может быть и устраняет сингулярность при  $r = 0$  внутри черной дыры, возникающей при коллапсе массивного тела. Рассмотрен вопрос о существовании элементарных черных дыр (максимонов), их устойчивости и возможности образования гравитационно-связанных объектов из максимонов и их наблюдения.

В сообщении В. Н. Мельникова (СССР) была рассмотрена теория гравитации с конформным скалярным полем в приложении к проблемам космологии: сингулярному состоянию и рождению частиц на ранних этапах эволюции Вселенной. Показано, что спонтанное нарушение калибровочной симметрии ведет к предотвращению сингулярного состояния и к эволюции масс физических частиц. В случае массивного скалярного поля симметрия восстанавливается, и массы перестают эволюционировать.

В сообщении Е. Лукерского (ИНР) были рассмотрены  $n$ -мерные  $\sigma$ -поля на кватернионных проективных плоскостях, топология которых определяется индексом Понтрягина. Предложены три способа введения суперсимметричных  $\sigma$ -моделей.

П. Хазенфрагц (ВНР) рассмотрел появление аномальной зависимости спина и статистики в результате действия оператора «беспорядок  $\times$  порядок». Показано, что угловой момент может принимать значение  $1/2$  ( $1/3$ ) в  $2 + 1$ -мерной  $SU(2)$  ( $SU(3)$ )-калибровочной теории независимо от наличия солитонных решений или хиггсовских полей.

## 5. КЛАССИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ И ПРОБЛЕМА КВАНТОВАНИЯ

Этим вопросам также было уделено большое внимание совещания.

В докладе Л. Д. Фаддеева (СССР) метод обратной задачи рассеяния, успешно применявшийся для решения нелинейных эволюционных уравнений в классической теории, был обобщен на квантовый случай. Вспомогательные линейные уравнения, условием совместности которых является исходное нелинейное уравнение, трактовались в докладе как операторные равенства. Матрица рассеяния в соответствующей линейной спектральной задаче также рассматривалась как квантовый оператор. Постулировались коммутационные соотношения между элементами матрицы рассеяния, которые играют роль канонически сопряженных динамических переменных, и строился оператор гамильтониана. Предложенная схема квантования нелинейной задачи иллюстрировалась на примере уравнения «синус-Гордон», для которого была построена точная квантовая теория.

В докладе В. Е. Захарова (СССР) метод обратной задачи рассеяния применялся к изучению двумерных релятивистски-инвариантных моделей теории поля — главных киральных полей на группах Ли, киральных полей на однородных пространствах групп Ли, в частности  $n$ -полей, на сферах и проективных пространствах. Метод позволяет также интегрировать двумерные спинорные классические системы: модели Намбу — Иона — Лазино, Гросса — Невью и аналогичные им. Метод позволяет также строить решение уравнений гравитации Эйнштейна в вакууме в случае, когда метрический тензор зависит от двух переменных. Во всех случаях построены  $N$ -солитонные решения; частным случаем солитонного решения оказывается поле Шварцшильда в вакууме.

А. Т. Филиппов (ОИЯИ) в своем докладе «Нетривиальные решения некоторых нелинейных задач в классической и в квантовой теории поля» обратил внимание на нерегулярные решения, возникающие во многих физических проблемах (калибровочные теории, кварковые модели). Обычно эти решения из-за их сингулярного характера не рассматриваются. В докладе показано, что во многих случаях нерегулярным решениям нелинейных уравнений можно дать наглядное физическое толкование, и, более того, в ряде случаев именно эти решения оказываются наиболее адекватными физике. (Например, сингулярный на конечном расстоянии кварк-кварковый потенциал и др.)

Обзор использования методов дифференциальной геометрии в теории нелинейных двумерных моделей был дан в докладе В. В. Нестеренко и Б. М. Барбашова (ОИЯИ). Полевые функции в двумерных теориях задают некоторую поверхность, вложенную в общем случае в риманово пространство. Такую поверхность, согласно теореме вложения дифференциальной геометрии, можно описать с помощью ее основных квадратичных форм. Коэффициенты этих форм подчиняются уравнениям Гаусса — Петер-

сопа — Кодацци — Риччи, которые трактуются в данном подходе как уравнения движения. Используя тот факт, что эти уравнения являются условием совместности деривационных формул, описывающих движение по поверхности подвижного базиса, удается построить соответствующие линейные уравнения, необходимые для применения метода обратной задачи рассеяния. В данном подходе рассматривалась нелинейная двумерная сигма-модель и теория релятивистской струны. Обсуждались солитонные решения, возникающие в этом случае в струнной модели, их квазиклассическое квантование и массовый спектр.

## 6. УДЕРЖАНИЕ КВАРКОВ В КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ

Заседание открылось обзорным докладом П. Н. Боголюбова (СССР) «Современное состояние кварковых моделей». В докладе были рассмотрены различные варианты кварковых моделей, основанные на соответствующих уравнениях для связанных состояний. Полученные результаты, касающиеся внутренних свойств элементарных частиц, имеют хорошее согласие с экспериментом. Подробно обсуждались последние достижения и трудности модели мешка.

Сообщение М. А. Иванова и Г. В. Ефимова (ОИЯИ) было посвящено нелокальному полювому подходу к удержанию кварков. В такой теории удается построить квантованное поле, названное виртонным, которое отсутствует в свободном состоянии, но может находиться в виртуальном. Это поле используется для построения модели адронных взаимодействий. При этом виртон отождествляется с кварком. Считается, что физические частицы описываются обычными квантованными полями, но взаимодействуют между собой только через кварк-виртонные поля. В этой модели вычислены ширины ряда сильных, слабых и электромагнитных распадов мезонов и барионов. Получено удовлетворительное согласие с экспериментом.

Один из возможных вариантов нелокальной модели кварков был предложен в докладе Л. Микку (СРР) «Ковариантная нелокальная модель кварков». При построении модели использовался аксиоматический подход к нелокальным полевым теориям.

В связи с проблемой удержания кварков возник вопрос об изучении релятивистских уравнений механики двух материальных точек с линейным потенциалом взаимодействия, который был рассмотрен в сообщении Н. С. Павохиной и Н. А. Черникова (ОИЯИ). Ответ давался в виде краевой задачи для минимальной поверхности в пространстве-времени СТО. Были указаны законы сохранения энергии, импульса и момента. Дано понятие собственной оси времени системы. Рассмотрен случай, когда масса одной из частиц бесконечна. В этом случае составлено дифференциальное уравнение с отклоняющимся аргументом, которое в нерелятивистском пределе переходит в соответствующее уравнение Ньютона классической механики. К этому же случаю приводится задача о двух частицах с равными массами. Введено понятие минимонов как переносчиков рассмотренного взаимодействия.

В заключительном выступлении председатель оргкомитета академик М. А. Марков подвел итоги совещания и выделил основные направления развития современной науки о микромире. Докладчик остановился на фундаментальных вопросах физики, таких, как черные дыры в гравитации, существование гипотетических частиц — максимонов, гипотеза об элементарной длине, динамика сильных взаимодействий и удержание кварков, объединенная теория поля. В заключение он отметил высокий научный уровень докладов, хорошую организацию совещания и выразил надежду, что традиция проведения таких совещаний будет продолжена и дальше. Выступившие после этого участники совещания Л. Д. Фаддеев (ЛОМИ), В. Я. Файнберг (ФИАН), Я. Лопушаньски (ПНР) и Ж. Зинн-Жюстен (Франция) присоединились к высокой оценке совещания.

Издательский отдел ОИЯИ выпустил сборник трудов V Международного совещания по нелокальной квантовой теории поля, в который вошли в основном обзоры, упомянутые в этом сообщении. (Труды V Международного совещания по нелокальной теории поля. — Дубна: ОИЯИ. P-42462, 1979).

*М. К. Волков, Г. В. Ефимов*