

П-265



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2 - 11382

ПЕРВУШИН
Виктор Николаевич

**КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ
С КИРАЛЬНЫМ ЛАГРАНЖИАНОМ
И ФИЗИКА МЕЗОНОВ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ**

**Специальность 01.04.02 - теоретическая
и математическая физика**

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук

Дубна 1978

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
член-корреспондент АН УССР
профессор

Д.В.ВОЛКОВ

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

М.В.ТЕРЕНТЬЕВ

доктор физико-математических наук
член-корреспондент АН СССР
профессор

Д.В.ШИРКОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение -

Институт математики СО АН СССР, Новосибирск

Автореферат разослан "___" _____ 1978 г.

Защита состоится "___" _____ 1978 г. на заседании
специализированного Ученого совета ЛТФ ОИЯИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

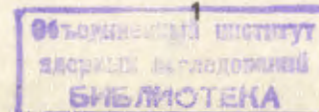
Р.А.АСАНОВ

Цель работы. Настоящая диссертация посвящена вопросам построения квантовой теории поля с киральной динамической симметрией, и применению такой теории для описания физики мезонов низких энергий.

Актуальность проблемы. В течение многих лет достижения, связанные с теоретическим описанием сильных взаимодействий, опирались на метод дисперсионных соотношений^{/1-3/}, в то время как методы квантовой теории поля не имели успеха. В последнее время значение теории поля вновь возросло, и не будет ошибкой сказать, что построение единой теории элементарных частиц, в том числе теории адронов, вряд ли возможно без существенного использования полевых методов. Такому осознанию ведущего положения квантовой теории поля и ее бурному развитию в последние годы способствовало глубокое понимание роли динамических симметрий в физике элементарных частиц, в частности, роли киральной симметрии в физике адронов.

При установлении исходных положений киральной алгебры токов важную роль сыграли универсальность слабых и электромагнитных взаимодействий адронов и лептонов при низких энергиях^{/4/}. Динамические реализации киральной симметрии с помощью феноменологических лагранжианов^{/5,6/} привели к самосогласованному низкоэнергетическому описанию сильных взаимодействий адронов. Самосогласованность киральной теории состоит в том, что в пределе низких энергий выживает лишь приближение Дерезьев, и низкоэнергетические константы связи фактически неперенормируются за счет высших поправок по сильному взаимодействию (т.е. удовлетворяется требование универсальности)^{/7/}. Тем самым разложение по энергии начинает совпадать с разложением по сильной константе связи.

О плодотворности идеи киральной симметрии свидетельствует постоянное расширение области применения алгебры токов (низкоэнергетическая физика адронов^{/8,9/}, распады резонансов^{/10/}, глуконепругие лептон-адронные взаимодействия^{/11/}). В настоящее время существуют как теоретические, так и экспериментальные указания на то, что киральная симметрия может являться основой для построения теории адронов, единой для всех энергий^{/12-14/}. В связи с этим вопросы статуса динамической киральной симметрии при низких энергиях и экспериментальное подтверждение физической



информации, которая в ней содержится, имеют немаловажное значение. Целесообразность поставленных в диссертации задач определяется не только теоретическими соображениями. Строительство крупных "мезонных фабрик" открывает широкие возможности для изучения электромагнитных и других свойств мезонов. Поэтому теоретическая оценка низкоэнергетических параметров различных взаимодействий приобретает большое значение для проектирования и постановки экспериментов.

Научная новизна. В диссертации сделано первое успешное применение аппарата квантовой теории поля для описания широкого класса низкоэнергетических адронных процессов. Получены новые результаты, показывающие, как может реализоваться теория возмущений для сильных констант связи в теории поля с киральной симметрией. Предсказано аномальное поведение низкоэнергетической амплитуды комптон-эффекта на пионах.

Практическая ценность работы. Результаты вычислений амплитуд сильного, электромагнитного и слабого взаимодействий мезонов находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными. Кроме того, сделаны определенные предсказания о величинах, которые измеряются в настоящее время или будут измеряться в скором будущем. Некоторые из этих предсказаний уже подтверждены последними экспериментами в Дубне, Серпухове и Бетсвиле. На основании результатов, полученных в диссертации, предложены новые эксперименты по определению фундаментальных параметров взаимодействия мезонов.

Автор защищает результаты

1. Доказательство теоремы о точном сокращении вкладов высших порядков в теории поля с киральной симметрией при вычислении константы слабого распада пиона в пределе нулевой массы пиона.
2. Построение ковариантной теории возмущений для лагранжианов, являющихся нелинейной реализацией произвольной динамической симметрии.
3. Доказательство самосогласованности однопетлевого приближения в квантовой теории поля с киральной симметрией.
4. Описание порогового поведения амплитуды низкоэнергетического пион-пионного рассеяния.
5. Описание в рамках однопетлевого приближения квантовой киральной теории широкого класса процессов электромагнитного и

слабого взаимодействий мезонов низких энергий. В том числе предсказание осцилляций динамической поляризуемости мезонов.

6. Вычисление эффективного бидокального лагранжиана в абелевой калибровочной теории с киральной симметрией и вывод уравнений для спектров масс фермионов и связанных состояний в такой теории.

Содержание работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и приложения, содержит 179 страниц машинописного текста, одну таблицу, 31 рис., библиографию из 100 наименований. Во введении дана общая постановка задачи, сформулированы исходные гипотезы и предположения.

В главе I кратко излагаются основы теории нелинейных реализаций групп симметрии по Э.Картану и даны киральные лагранжианы, которые воспроизводят в приближении деревьев низкоэнергетические теоремы алгебры токов. Именно для этих лагранжианов и строится в дальнейшем квантовая теория поля. Основным результатом первой главы является доказательство теоремы о справедливости приближения деревьев в низкоэнергетическом пределе в квантовой теории поля с киральной симметрией. А именно, производится точное вычисление константы слабого распада пиона и показывается, что в пределе нулевой массы пиона вклады от всех порядков теории возмущения взаимно компенсируются, за исключением вклада от диаграммы, описывающей приближение деревьев. Тем самым показано, что основным параметром теории непосредственно связан с наблюдаемой на эксперименте величиной.

Главе II посвящено построению теории возмущений для неполиномиальных лагранжианов с динамической симметрией. Рассматриваемая теория поля является неперенормируемой. Поэтому для вычисления диаграмм необходимо применять методы регуляризации неполиномиальных теорий (с помощью суммирования бесконечного ряда диаграмм с фиксированным числом вершин), развитые рядом авторов^{/15-16/}. Ними используется один из таких методов (суперпропагаторный), предложенный М.К.Волковым^{/16/}. В диссертации сделано обобщение суперпропагаторного метода на лагранжианы с производными, а именно, для однозначного вычисления суперпропагатора с производными предложен принцип регулярности, который не нарушает исходной симметрии теории.

Коэффициенты разложения суперпропагатора по степеням обычных пропагаторов определяются из неполиномиальной формы лагранжиана.

Однако функциональная зависимость лагранжиана от полей, при одной и той же динамической симметрии, может быть разной в зависимости от выбора координат в пространстве голдстоуновских полей. Поэтому одним из первых шагов должно быть построение теории возмущения, не зависящей от выбора координат в пространстве полей.

В качестве таковой предлагается строить теорию возмущения в произвольной системе координат, в которой на уровне матричных элементов выполнены всевозможные перестройки диаграмм Фейнмана, называемые редукциями или сжатием. Они состоят в "перебрасывании" производных в вершинах с одних пропагаторов на другие и сведении некоторых из них к δ -функциям. Такая перестройка матричных элементов приводит к изменению структуры диаграмм Фейнмана - сжатию линии и уменьшению числа вершин. Программа построения редуцированной теории возмущений (т.е. теории возмущений, где сделаны все возможные редукции в приближении деревьев) была выполнена Д.В. Волковым^{/6/}. В работе^{/6/} было показано, что учет всевозможных редукций полюсных диаграмм к эффективному контактному взаимодействию эквивалентен на массовой поверхности явно ковариантной процедуре перехода от произвольной системы координат к нормальной, (т.е. системе координат вдоль геодезических линий пространства голдстоуновских полей). Основным вопросом, который ставится в работах^{/6, I7/}, является вопрос "К чему приводит полный учет редукций в произвольной системе координат?" Теорема эквивалентности позволяет подойти к проблеме редукций несколько с другой стороны, а именно: "Как сформулировать теорию возмущений с наиболее простыми редукционными свойствами?"

Именно этот вопрос и решается в диссертации для случая квантовой теории поля с произвольной динамической симметрией. В главе II непосредственно в терминах форм Картана формулируется ковариантная теория возмущений. Основными моментами такой теории возмущений является: 1) Разделение голдстоуновских полей на классические и квантовые по геодезическим линиям фактор-пространства G/H , где G - произвольная динамическая группа, а H - подгруппа стабильности вакуума; 2) Выбор фундаментальных полей теории, как нормальных координат полевого пространства, начало координат которого определяется классическими полями. В такой теории возмущений мы сразу получаем ковариантное разбиение всех диаграмм на диаграммы с фиксированным числом вершин, или с фиксированным числом петель. (В любой другой системе полевых координат

нат из-за производных в лагранжиане взаимодействия диаграммы с определенным числом вершин с помощью редукций сводятся к сумме диаграмм с разным числом вершин). Подробно рассматриваются теории с киральной симметрией и теория гравитации. Одним из основных следствий ковариантной теории возмущений является утверждение, что неполиномиальные теории с произвольной динамической симметрией есть локализуемые теории, в силу факториального убывания коэффициентов разложения по нормальным координатам пространства голдстоуновских полей.

Использование суперпропагаторного метода приводит к конечной теории даже без введения контрчленов. Однако, независимо от проблемы ультрафиолетовых расходимостей, вычисление по теории возмущений требует перенормировок всех физических величин. Нами проведена программа перенормировок киральной теории, которая не нарушает исходную киральную симметрию теории. Последняя накладывает определенные связи на константы перенормировок (тождества Уорда).

Вычислено низкоэнергетическое разложение оператора собственной энергии пиона в однопетлевом и двухпетлевом приближениях и показано, что разложения по петлям совпадают в первом порядке с разложением по импульсу. Двухпетлевое приближение дает вклад лишь в высшие порядки низкоэнергетического разложения. Эти результаты указывают на то, что при низких энергиях однопетлевое приближение дает основной вклад в соответствующий ему коэффициент низкоэнергетического разложения. В частности, однопетлевое приближение в основном определяет среднеквадратичные радиусы электромагнитных и слабых формфакторов.

В следующих трех главах изложены результаты вычисления амплитуд сильных, электромагнитных и слабых взаимодействий мезонов в однопетлевом приближении квантовой теории поля с киральной динамической симметрией.

В главе III в теории поля с неполиномиальным киральным лагранжианом вычислены вклады от однопетлевых диаграмм в амплитуду низкоэнергетического $\pi\pi$ -рассеяния. Неопределенные параметры, возникающие при вычислении пионных петель, фиксируются с помощью суперпропагаторного метода регуляризации и ковариантной теории возмущений. Знание двух первых порядков разложения по $(1/E_\pi^2)$ позволило провести унитаризацию амплитуды с помощью Паде-прибли-

жения и тем самым описать фазы рассеяния с правильным поведением в пороговой области энергий. Получено правильное положение ρ -резонанса ($m_\rho \approx 800$ МэВ) с шириной порядка 150 МэВ. Показано, что в пороговой области разложение по петлям совпадает с разложением по малому параметру $\sim 10^{-2}$. Основным результатом главы является вычисление длин рассеяния всех волн, в том числе D -волны, а также ряда параметров эффективной области взаимодействия. Полученные результаты хорошо согласуются с установленными данными эксперимента^{/18/} и результатами феноменологического анализа. Длины рассеяния для произвольных парциальных волн и сами амплитуды удовлетворяют всем неравенствам, полученным Мартеном из самых общих требований унитарности и аналитичности^{/19/}. В связи с этим нам представляется перспективным совместное использование дисперсионного подхода^{/2,3/} с методом теории возмущений в квантовой киральной теории поля. (Киральная симметрия, как показано в работе Ширкова и Серебрякова^{/3/}, уменьшает число произвольных параметров дисперсионного подхода, таким путем, в частности, также удалось описать ρ -резонанс).

В главе IV в однопетлевом приближении квантовой киральной теории были вычислены амплитуды различных электромагнитных процессов с учетом мезонов.

Показано, что среднеквадратичные радиусы заряженных мезонов, в основном, определяются барионными петлями, расходимости в которых устраниваются перенормировками физических величин. Мезонные петли, регуляризованные с помощью с.п. метода, определяют среднеквадратичский радиус нейтральных каонов, а также мнимые части электромагнитных формфакторов всех мезонов. Результаты, полученные для формфакторов, находятся в согласии с данными последних экспериментов^{/20,21/}, а также с предсказаниями теоретических моделей, основанных на использовании дисперсионных соотношений^{/22/} и ρ -доминантности^{/23/}. Заметим, что процедура Паде-приближения, примененная к первым двум вычисленным порядкам электромагнитного формфактора (так же как и в предыдущей главе при вычислении амплитуды $\pi\pi$ -рассеяния) позволяет обнаружить ярко выраженный ρ -резонанс с массой ~ 800 МэВ и шириной ~ 150 МэВ. Ширина резонанса естественно связана с длиной P -волны в $\pi\pi$ -рассеянии, поскольку обе эти величины определяются мнимой частью пионной петли, описывающей электромагнитный формфактор.

Вычислены также амплитуды комптон-эффектов на мезонах. Разложение этих амплитуд по энергиям фотонов определяет важные статические параметры - поляризуемости мезонов^{/24/}. Амплитуды комптон-эффектов в однопетлевом приближении, после проведения перенормировок физических величин не содержат расходимостей как в барионных, так и мезонных петлях. Вычисление вкладов от этих диаграмм приводит к хорошо определенным конечным результатам, даже без применения с.п. метода. Коверриантная теория возмущений упрощает вычисления для однопетлевых мезонных диаграмм и гарантирует киральную инвариантность амплитуды вне массовой поверхности в пределе $m_\pi \rightarrow 0$. В рассматриваемой области пороговых энергий теория возмущения по $(1/F_\pi^2)$ совпадает с разложением по малому параметру $\sim 10^{-2}$.

Основной результат модельного рассмотрения комптон-эффекта, приведенного здесь, состоит в том, что вычисленная амплитуда этого процесса обладает аномальными свойствами с точки зрения гипотезы гладкости. Последняя предполагает плавную зависимость амплитуды от импульсов с характерным масштабом изменения порядка одного ГэВ. Заметим, что вклад от барионных петель удовлетворяет как гипотезе гладкости, так и всем соотношениям, следующим из влгебры токов. Аномальное поведение обусловлено только вкладом от пионных петель, который резко меняется с масштабом порядка массы пиона.

Нарушение гипотезы гладкости связано с пороговыми аномалиями в канале $\pi\pi \rightarrow \pi\pi$, обусловленными рождением пионов. Аналогичные аномалии имеют место в перенормируемой \mathcal{B} -модели^{/25/} и фактически в любой модели теории поля. Тем не менее, характер этих аномалий, т.е. поведение функции $\beta(q_1, q_2)$ ^{/27/} существенно зависит от того, удовлетворяет ли вершина $\pi\pi$ -взаимодействия принципу Адлера (в пределе $m_\pi \rightarrow 0$).

В этой связи экспериментальное измерение функции β могло бы дать дополнительные аргументы в пользу киральной симметрии сильных взаимодействий. Основной вывод состоит в том, что истинные поляризуемости мезонов $\beta(0)$ могут быть измерены лишь в экспериментах, где энергии фотонов много меньше массы пиона, например, в мезостомых, в то время как эксперименты в глубоко неупругих e^+e^- столкновениях^{/26/}, в реакциях типа

$$\gamma + N = \pi^+ + \gamma + N ; \quad \pi^+ + N = \pi^+ + \gamma + N$$

будут приводить к другим значениям резко меняющейся функции $\beta(q, \gamma)$. В приложении II обсуждается возможный эксперимент по измерению β в реакции $\pi^+ + N \rightarrow \pi^+ + \gamma + N$.

В главе У рассматриваются слабые взаимодействия мезонов.

В однопетлевом приближении квантовой киральной теории вычислены формфакторы слабых распадов мезонов. Результаты находятся в удовлетворительном согласии с экспериментальными данными. Основной вклад в эти величины дают барионные петли, в то время как вклад от мезонных петель либо равен нулю, либо мал. Все расходимости в интегралах, связанные с барионными петлями, устранились перенормировками физических величин.

При вычислении основной величины теории — константы слабого распада $X \rightarrow e\nu$ однопетлевые диаграммы приводят к малой поправке, порядка нескольких процентов. Это свидетельствует о самосогласованности однопетлевого приближения в рассматриваемой теории.

Вычисленные формфакторы радиационных распадов удовлетворяют соотношениям, следующим из алгебры токов, которые связывают формфакторы, константы распадов и поляризуемости пионов.

Векторный формфактор K_{e3} — распада совпадает с электромагнитным формфактором. Скалярный формфактор K_{e3} целиком определяется нарушением SU_3 симметрии в массах барионов. Однако экспериментальная ситуация по скалярным формфакторам в настоящее время довольно противоречива и не ясна. Поэтому полученные результаты по скалярным формфакторам следует рассматривать как предсказание.

Вычислен эффект второго порядка по слабому взаимодействию — разность масс нейтральных каонов. Полученное значение для разности масс находится в хорошем согласии с экспериментом.

В главе VI предложен метод изучения проблемы динамического спонтанного нарушения киральной симметрии. Этот метод основан на введении билोकальных переменных. В абелевой калибровочной теории поля получена эффективная функция действия, первые и вторые вариации которой по билोकальным переменным определяют соответственно уравнения на спектры кварков и связанных состояний. Классическое уравнение движения в таком подходе совпадает с лестничным приближением обычной теории.

Основные результаты диссертации

1. Доказана теорема о том, что основной параметр теории, константа слабого распада пиона, определяется приближением деревьев в пределе нулевой массы пиона.
2. Сформулирована ковариантная теория возмущения для квантовой теории поля с произвольной динамической симметрией и показано, что все такие теории относятся к классу локализуемых теорий. Доказана инвариантность полученной S -матрицы вне массовой поверхности.
3. Проведена программа перенормировок для неполиномиальной теории поля и предложен принцип определения суперпропагатора с производной.
4. Вычислено низкоэнергетическое разложение оператора собственной энергии пиона в однопетлевом и двухпетлевом приближении и показано, что разложение по петлям совпадает в первых двух порядках с разложением по импульсу.
5. Вычислена амплитуда рассеяния пионов, проведен фазовый анализ, найдены длины рассеяния всех волн, в том числе D -волны, а также ряд параметров эффективной области взаимодействия.
6. Вычислены электромагнитные формфакторы мезонов и амплитуды комптон-эффектов на пионах и каонах. Предложены эксперименты по измерению поляризуемости адронов. Предсказан эффект осцилляции динамической поляризуемости мезонов.
7. Вычислены формфакторы мезонов в слабых взаимодействиях, а также разность масс нейтральных каонов.
8. Предложен метод изучения проблемы динамического спонтанного нарушения киральной симметрии с помощью билोकальных переменных. В абелевой калибровочной теории поля получена эффективная функция действия и уравнения на спектр фермионов и связанных состояний.

Апробация работы. Основные материалы диссертации докладывались на семинарах ЛТФ, ЛВЭ, ДЯП ОИЯИ; ИФВЭ; ФИАН, МИАН, на сессиях ядерного отделения АН СССР, на III и IV Международных совещаниях по нелокальной квантовой теории поля в 1973, 1976 г., на XUII Международной конференции по физике высоких энергий в Тбилиси (1976 г.) на Международных конференциях в Варне (1974 г.), Варшаве (1975 г.), Новосибирске (1976 г.) и мн. др. По материа-

лем диссертации читались лекции на международных школах молодых ученых в Тбилиси, Ужгороде, Дубне в 1973-1976 г.г.

Результаты диссертации опубликованы в работах:

1. В.Н.Первушин. ТМФ 22, 29I (1975).
2. В.Н.Первушин. ТМФ 27, I6 (1976).
3. М.К.Волков, В.Н.Первушин. ЭЧАЯ 6, 632 (1975).
4. М.К.Волков, В.Н.Первушин. УФН 120, 363 (1976).
5. М.К.Волков, В.Н.Первушин. ЯФ 20, 762 (1974).
6. М.К.Волков, В.Н.Первушин. ЯФ 21, 2I4 (1975).
7. М.К.Волков, В.Н.Первушин. ЯФ 22, 346 (1975).
8. М.К.Волков, В.Н.Первушин. ЯФ 22, 366 (1975).
9. V.N.Pervushin, M.K.Volkov. Phys. Lett. 51B, 365 (1974).
10. V.N.Pervushin, M.K.Volkov. Phys. Lett. 51B, 399 (1974).
11. V.N.Pervushin, M.K.Volkov. Phys. Lett. 53B, 405 (1975).
12. V.N.Pervushin, M.K.Volkov. Phys. Lett. 58B, 74 (1975).
13. V.N.Pervushin, M.K.Volkov. Phys. Lett. 58B, 177 (1975).
14. V.N.Pervushin, M.K.Volkov. Nuovo Cim. 27A, 277 (1975).
15. D.I.Kasakov, V.N.Pervushin, M.K.Volkov. Phys. Lett. 64B, 201 (1976).
16. М.К.Волков, Д.И.Казиков, В.Н.Первушин. ТМФ 28, 46 (1976).
17. Д.И.Казиков, В.Н.Первушин, С.В.Пушкин ТМФ 31, I69 (1977).
18. D.Ebert, V.N.Pervushin. Proceedings of XVIII Int. Conf. on High Energy Phys. (Tbilisi-1976). JINR, D1,2-10400, Dubna, 1977.

Цитируемая литература

1. Н.Н.Боголюбов, Б.В.Медведев, М.К.Полынев. "Вопросы теории дисперсионных соотношений". Физматгиз. М., 1958.
2. Д.В.Ширков, В.В.Серебряков, В.А.Мещеряков. "Дисперсионные теории сильных взаимодействий при низких энергиях". Наука. М., 1967.
3. V.V.Serebryakov, D.V.Shirkov. Fortsch. der Phys. 18, 527 (1970).
4. R.Feynman, M.Gell-Mann. Phys. Rev. 109, 193 (1958).
С.С.Герштейн, Я.Б.Зельдович. ЖЭТФ 26, 698 (1955).
5. S.Weinberg. Phys. Rev. Lett. 18, 188 (1967).
J.Schwinger. Phys. Lett. 24B, 473 (1967).
S.Coleman et al. Phys. Rev. 177, 2239 (1969).
G.C.Callan et al. Ibid. 177, 2447 (1969).

6. Д.В.Волков. Препринт ИТФ 69-75. Киев, 1969. ЭЧАЯ 4, 3 (1973).
7. R.Dashen, M.Weinstein. Phys. Rev. 183, 1261 (1969).
8. А.Н.Вейнштейн, В.Н.Захаров. УФН, 100, 225 (1970).
9. М.В.Терентьев. УФН 112, 37 (1974).
М.К.Волков, В.Н.Первушин. УФН 120, 363 (1976).
10. F.J.Gilman. Proceedings of the IV Intern. Conf. on Experimental Meson Spectroscopy, Northeastern University, Boston, Mass, April 1974.
11. Р.Фейнман. "Взаимодействие фотонов с адронами". Мир. М. 1975.
12. Y.Nambu. Phys. Rev. Lett., 4, 320 (1960).
13. А.Т.Филиппов. Труды IV Международного совещания по нелокальной теории поля (Алушта 1976) ОИЯИ, Д2-9788, Дубна, 1976.
14. D.Ebert, V.N.Pervushin. JINR E2-10020, Dubna 1976. Proceedings of XVII Intern. Conf. on High Energy Phys. (Tbilisi-1976). JINR, D1,2-10400, Dubna, 1977.
15. Г.В.Ефимов. ЖЭТФ 44, 1807 (1963).
E.S.Fradkin. Nucl. Phys. B49, 624 (1963).
Б.А.Арбузов, А.Т.Филиппов. ОИЯИ E2-3610 Дубна (1967).
N.Lehmann, K.Pohlmayer. Commun. Math. Phys. 20, 101 (1971).
16. М.К.Волков, ЯФ 6, III0 (1967). ЯФ 7, 445 (1968).
М.К.Волков. Comm. Math. Phys. 7, 289 (1968).
Ann. Phys. 4, 202 (1968). Fortsch der Phys. 22490 (1974).
17. J.Honerkamp, Nucl. Phys. B36, 110 (1977).
18. W.Ochs "Results on $\pi\pi$ -Scattering". Invited talk at the 1st Int. Conf on Nucleon Nucleon Interaction, Vancouver, B.C., Canada, June 1977; preprint MPI-FAR/pTh 32/77.
19. A.Martin. Nuovo Cim. 47, 265 (1967); 58A, 308 (1968).
20. G.Adylov, et al. Phys. Lett., 51B, 402 (1974).
С.Ф.Березнов и др. ЯФ 18, 102 (1973).
21. F.Dydak et al. Nucl. Phys. B102, 253 (1976).
22. S.Dubnička, V.A.Mesheryakov. Nucl. Phys. B83, 311 (1974).
23. N.M.Kroll, T.D.Lee, B.Zumino. Phys.Rev. 157, 1376 (1967).
24. A.M.Baldin. Nucl. Phys. 18, 310 (1960).
В.А.Петрунькин. ЖЭТФ 40, II48 (1961).
25. А.С.Гельцерин, Ю.Л.Калиновский. ОИЯИ P2-10849, Дубна, 1977.
26. Б.М.Буднев, А.Н.Валл, В.В.Серебряков. ЯФ 21, 1033 (1975).
27. М.В.Терентьев. ЯФ 16, 162 (1972).

Рукопись поступила в издательский отдел
13 марта 1978 года.