П-2224

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2 - 11061

ПАШНЕВ
Анатолий Ильич

# ДУАЛЬНОСТЬ, СУПЕРСИММЕТРИЯ И ПРИНЦИП АДЛЕРА

01.04.02 - теоретическая и математическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Дубна 1977

Работа выполнена в Харьковском физико-техническом институте АН УССР.

Научный руководитель:
доктор физико-математических наук
член-корреспондент АН УССР — Д.В.ВОЛКОВ

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук — А.А.АНСЕЛЬМ
кандидат физико-математических наук — В.В.НЕСТЕРЕНКО

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва.

Автореферат разослан " " ______ 1977 г.

Защита диссертации состоится " " ______ 197 г. на заседании Специализированного ученого совета К-047.01.01 Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований ( г.Дубна, Московской обл.).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
В.И.ЖУРАВЛЕВ

Успехи экспериментальных работ, проведенных в последнее время на крупнейших ускорителях мира, привели к обнаружению ряда новых свойств элементарных частиц. Все разнообразие экспериментального материала в настоящее время не может быть описано в рамках какой-либо одной теории. Тем не менее постоянное совершенствование существующих и вновь появляющихся теоретических представлений позволяет в ряде случаев установить связь между различными свойствами элементарных частиц и получить большое число важных соотношений между наблюдаемыми на опыте величинами, характеризующими взаимодействия частиц.

Одним из наиболее важных способов систематизации большого числа известных частиц является объединение их при помощи симметрийных аргументов в мультиплеты, содержащие похожие по своим свойствам частицы. Наиболее успешными попытками в этом направлении явились $SU(3)$ и $SU(6)$ схемы. Недавнее открытие суперкалибровочных преобразований позволяет надеяться также на то, что бозоны и фермионы могут быть объединены в единый мультиплет.

С другой стороны, хотя известные частицы и обладают определенными признаками симметрии, известно, что эта симметрия довольно сильно нарушена. Этот факт явился основной причиной возникновения алгебры токов, формулирующей теорию нарушенной симметрии и позволившей с некоторой единой точки зрения подойти к рассмотрению сильного, слабого и электромагнитного взаимодействий.

В основе алгебраической формулировки киральной симметрии, предложенной Гелл-Манном, лежит предположение о том, что, хотя симметрия адронов нарушена, тем не менее адронные токи, участвующие в электромагнитном и слабом взаимодействиях, удовлетворяют тем же перестановочным соотношениям, что и в случае точной симметрии. К наиболее известным результатам, полученным в рамках алгебры токов, можно отнести соотношение Адлера-Вайсбергера для перенормировки аксиально-векторной константы связи $\beta$ -распада и низкоэнергетические теоремы для пионов. Будучи примененными к амплитуде взаимодействия с участием только мезонов, эти теоремы приводят к так называемому принципу Адлера: амплитуда взаимодействия мезонов стремится к нулю при стремлении к нулю импульса одной из частиц, при условии, что импульсы остальных частиц лежат на массовой поверхности.

Вместе с тем громоздкость и сложность задачи о получении следствий алгебры токов для процессов с участием большого числа мезонов привела к тому, что в ряде работ была высказана идея о том, что те же следствия могут быть значительно более компактно получены посредством использования феноменологических лагранжианов и были построены конкретные лагранжианы, позволившие в простой форме представить результаты алгебры токов для киральных $SU(2)\times SU(2)$ и $SU(3)\times SU(3)$ групп. Наиболее полно исследование связи феноменологических лагранжианов с требованиями симметрии и соответственно с алгеброй токов и гипотезой о частичном сохранении аксиально-векторного тока (PCAC) было проведено Дашеном и Вайнштейном.

В настоящее время метод феноменологических лагранжианов обобщен на произвольную группу симметрии $G$ , а также на произвольную степень импульсов внешних частиц. Поэтому представляет интерес исследование связи феноменологических лагранжианов с принципом Адлера безотносительно к алгебре токов и PCAC.

В первой главе реферируемой диссертации исследуется вопрос о взаимосвязи между симметрией феноменологического лагранжиана и принципом Адлера. Вид лагранжиана в целом не конкретизируется. Заметим только, что он содержит произвольную степень импульсов внешних частиц. Существенной для всего рассмотрения является только симметрия лагранжиана относительно преобразований некоторой группы $G$

$$\begin{aligned} \varphi^i &\to \varphi^i + \varepsilon^i + f^i(\varphi,\varepsilon) \\ \psi^\alpha &\to \psi^\alpha + \chi^\alpha(\varphi,\psi,\varepsilon), \end{aligned} \qquad (1)$$

где $\varphi^i$ и $\psi^\alpha$ обозначают соответственно поля голдстоуновских мезонов и других частиц, а $\varepsilon^i$ - постоянная, которой придается смысл поля мезона, импульс которого стремится к нулю. Все исследования проводятся в рамках квазиклассического подхода к $S$ -матрице, развитого Намбу и обобщенного Волковым.

Для процессов с участием только мезонов доказана теорема эквивалентности симметрии феноменологического лагранжиана принципу Адлера в случае безмассовых мезонов, которая оказывается верной также и для случая частиц с массой, обладающих некоторым сохраняющимся отрицательным мультипликативным числом типа $G$ -четности. В последнем случае нарушение симметрии феноменологического лагранжиана обусловлено присутствием только массового члена для мезонов, что соответствует гипотезе PCAC. Для процессов же с участием фермионов получены обобщенные условия самосогласованности Адлера, с помощью которых амплитуда процесса с дополнительным мягким мезоном выражается через амплитуду исходного процесса.

Последний параграф главы посвящен особому виду симметрии - суперсимметрии, обнаруженной в последние годы. При действии генераторов суперсимметрии поля преобразуются таким образом, что бозоны переходят в фермионы, и наоборот. Для описания голдстоуновских частиц со спином $1/2$ Волковым и Акуловым было построено действие, инвариантное относительно преобразований суперсимметрии

$$\psi \to \psi' = \psi + \xi \qquad (2)$$
$$x_\mu \to x'_\mu = x_\mu + \frac{1}{4i}\left(\xi^* \sigma_\mu \psi - \psi^* \sigma_\mu \xi\right),$$

перепутывающих пространственно-временные координаты с полем голдстоуновского фермиона.

В диссертации показано, что если действие Волкова-Акулова инвариантно относительно преобразований (2), то соответствующий лагранжиан инвариантен относительно следующих преобразований поля голдстоуновского фермиона

$$\psi \to \psi' = \psi + \xi - \frac{1}{4i}\left(\partial_\nu \psi\right)\left(\xi^* \sigma^\nu \psi - \psi^* \sigma^\nu \xi\right), \qquad (3)$$

представляющих собой нелинейную реализацию преобразований суперсимметрии. Полученная реализация отличается от реализации суперсимметрии преобразованиями (2), т.к. является существенно нелинейной и более близка по своему духу к реализациям киральных симметрий. Однако в отличие от последних преобразования поля $\psi$ (3) содержат зависимость от производных этого поля по пространственно-временным координатам. Закон преобразования полей других частиц имеет вид

$$\varphi \to \varphi' = \varphi - \frac{1}{4i}\, \partial_\nu \varphi\left(\xi^* \sigma^\nu \psi - \psi^* \sigma^\nu \xi\right), \qquad (4)$$

вполне аналогичный (3). Сравнение (3) и (4) с формулами (I) показывает, что все выводы относительно связи симметрии лагран-



жиана с принципом Адлера могут быть применены и в данном случае, с тем лишь отличием, что голдстоуновское поле является спинорным.

В частности, в диссертации показано, что голдстоуновское нейтрино Волкова-Акулова удовлетворяет принципу Адлера для процессов с произвольным числом частиц.

В последнее время в адронной физике интенсивно изучаются дуальные модели. Первым примером дуальной амплитуды явилась амплитуда Венециано для взаимодействия четырех частиц, обобщенная в дальнейшем на процессы с участием произвольного числа частиц. Последующее изучение модели Венециано позволило выяснить ряд таких ее важных свойств, как факторизуемость, возможность введения внутренних квантовых чисел, возможность исключения духовых состояний и др.

Наряду с достигнутыми успехами были обнаружены также значительные трудности, возникающие на пути объединения концепции дуальности с другими физическими требованиями, такими, как проблема унитаризации $S$ -матрицы, отсутствие тахионов и др.

Дополнительные трудности возникают при попытках распространения концепции дуальности на процессы с участием электромагнитных и слабых взаимодействий при построении дуальных амплитуд, содержащих наряду с внешними частицами электромагнитные и слабые токи и удовлетворяющие требованиям алгебры токов. Рассмотрение аналогичных вопросов в лагранжевом формализме обычной теории поля основывается на представлении о вырождении вакуумного состояния, приводящего к появлению голдстоуновских частиц и на использовании нелинейных реализаций групп симметрии для их феноменологического описания.

Как показано в настоящей диссертации, для изучения вопросов, связанных со свойствами вакуумного состояния, в дуальных моделях можно использовать те же методы, что и при изучении аналогичных вопросов в $\sigma$ -модели и $\lambda\varphi^3$ -теории. При этом вся процедура рассмотрения распадается естественным образом на два этапа: сначала исследуется перестройка ряда теории возмущений вследствие заданных извне переходов частиц в вакуум, затем изучаются в общем случае нелинейные уравнения для вакуумных средних от полей и устанавливается возможность наличия у этих уравнений решений, не содержащихся в теории возмущений. В случае $\sigma$ -модели наличие таких решений приводит к спонтанному нарушению симметрии, в случае $\lambda\varphi^3$ -теории - к нестабильности вакуумного состояния.

Вторая часть диссертации посвящена первому из намеченных выше этапов. На примере $\lambda\varphi^3$ -теории показано, что изучение $S$ -матрицы с помощью индуцированных переходов частиц в вакуум позволяет определить свойства вакуумного состояния теории, не используя при этом явно свойств лагранжиана. Показано, что в случае $\lambda\varphi^3$ -теории перестройка $S$ -матрицы с учетом вакуумных переходов заключается только в перенормировке массы частицы

$$\mu'^2 = \mu^2\sqrt{1 - \frac{12\lambda b}{\mu^4}}\,, \tag{5}$$

где $b$ - константа индуцированного вакуумного перехода. Значению $b=0$ соответствуют два значения квадрата массы $\mu'^2=\mu^2$ и $\mu'^2=-\mu^2$, каждому из которых в свою очередь соответствует своя $S$ -матрица, описывающая в первом



случае взаимодействие частиц, а во втором - тахионов. Переход от одной $S$ -матрицы к другой осуществляется путем обхода в плоскости $b$ точки ветвления функции (5) $b_0 = \frac{\mu^4}{12\lambda}$ и соответствует спонтанному вакуумному переходу. Некоторые из рассмотренных свойств $\lambda\varphi^3$ -теории сохраняются, как показано в дальнейшем, и в дуальных моделях.

На примере рассмотрения дуальной модели для скалярных частиц без внутренних квантовых чисел обсуждается процедура построения перенормированной вследствие вакуумных переходов дуальной амплитуды. Вычислены первые порядки разложения дуальной амплитуды с четырьмя внешними линиями по степеням константы перехода частиц в вакуум и получены значения перенормированных масс внешних частиц

$$\mu_R^2 = \mu_0^2 + \frac{g b}{\sqrt{\alpha'}\mu^2} - \frac{1}{2}\left(\frac{g b}{\mu^2}\right)^2\left(\psi(-\alpha_0) - \psi(1)\right) + \dots \tag{6}$$

параметров траектории Редже

$$\alpha'_R = \alpha'$$
$$\alpha_{0R} = \alpha_0 - \alpha'\left(\mu_R^2 - \mu^2\right) \tag{7}$$

и мультипликативной перенормировки амплитуды, которая для процесса с участием четырех частиц может трактоваться или как перенормировка константы связи $g$ или как перенормировка волновых функций внешних частиц. Разрешение последней неопределенности достигается в последующих главах диссертации при рассмотрении процессов с произвольным числом частиц и сводится к тому, что реализуется вторая альтернатива.

Как известно, дуальная модель для скалярных частиц в пределе стремящегося к нулю наклона траектории Редже $\alpha'$ переходит в

$\lambda\varphi^3$-теорию с

$$\lambda = \frac{1}{6} \lim_{\substack{\alpha' \to 0 \\ g \to 0}} \frac{g}{\sqrt{\alpha'}} . \qquad (8)$$

Поэтому перенормированная дуальная теория должна давать результаты, переходящие при $\alpha' \to 0$ в соответствующие результаты перенормированной $\lambda\varphi^3$-теории. Этот переход достигается путем удержания в выражениях (6)и (7) слагаемых, линейных по параметру $\beta$.

Проблема учета вакуумных переходов в дуальных моделях, сформулированная также Бардакчи, недавно была полностью решена для случаев дуальной модели Венециано (ДМВ) с интерсептом $\alpha_0 = -1$, ДМВ с произвольным интерсептом и частного случая дуальной $M$-модели.

Одной из наиболее интересных и интенсивно развивающихся в настоящее время является дуальная модель Невью-Шварца (ДМНШ). Удовлетворяя наряду с моделью Венециано теореме об отсутствии духов, эта модель обладает еще целым рядом положительных свойств, среди которых необходимо отметить более реалистичный спектр резонансов, обусловленный наличием в модели мультипликативного сохраняющегося квантового числа ( $G$ -четности). Безусловно, одним из важнейших свойств ДМНШ является возможность построения в модели фермионного сектора, что позволяет перенести понятие дуальности на процессы с участием фермионов и, в частности, построить дуальную амплитуду взаимодействия четырех фермионов. Кроме того, ДМНШ описывает взаимодействие частиц в пространстве-времени, число измерений которого равно 10, что представляет собой также значительный прогресс по сравнению с моделью Венециано, где это число равняется 26.



Третья часть диссертации посвящена изучению вакуумных переходов в дуальной модели Невью-Шварца и связи последних с ее внутренней структурой. Показано, что суммирование по вакуумным переходам приводит к появлению дополнительной функции в представлении Фарли-Мартэна амплитуд взаимодействия частиц в ДМНШ. Для этой дополнительной функции получено интегральное уравнение. Кроме того, в диссертации доказано, что представление Фарли-Мартэна инвариантно относительно расширенной группы проективных преобразований - группы суперпроективных преобразований переменных интегрирования $x_i$ и $\varphi_i$, среди которых имеются и антикоммутирующие переменные $\varphi_i$. В частности, группа суперпроективных преобразований содержит преобразования вида

$$\begin{aligned} x_i \to x_i' &= x_i + \varphi_i(\xi + \eta x_i) \\ \varphi_i \to \varphi_i' &= \varphi_i + \xi + \eta x_i + \tfrac{1}{2}\varphi_i \xi \eta , \end{aligned} \qquad (9)$$

перепутывающие переменные $x_i$ с антикоммутирующими переменными $\varphi_i$. Здесь $\xi$ и $\eta$ - два независимых антикоммутирующих параметра преобразований.

Использование инвариантности интегрального уравнения относительно преобразования (9) позволяет записать его в виде более простой системы из четырех интегральных уравнений, а также существенно упрощает метод решения последней.

Полученное решение может быть представлено в виде контурного интеграла по некоторой переменной $s$, аналогично представлению Зоммерфельда-Ватсона. При этом вся зависимость от константы индуцированного перехода в вакуум $\beta$ содержится в подинтегральном выражении в виде множителя

$$K(s,\alpha_0,\beta)=\frac{2^{2\alpha_0+3}\pi\,\Gamma(-2s)\Gamma(2s-2\alpha_0-1)}{1-2^{2\alpha_0+3}\pi\beta^2\,\frac{\Gamma(-2s)\Gamma(2s-2\alpha_0-1)}{\Gamma^2(-\alpha_0-\frac{1}{2})}}, \qquad (10)$$

а контур интегрирования обходит все корни $S_n(\beta^2)$ уравнения

$$1-2^{2\alpha_0+3}\pi\beta^2\,\frac{\Gamma(-2s)\Gamma(2s-2\alpha_0-1)}{\Gamma^2(-\alpha_0-\frac{1}{2})}=0, \qquad (11)$$

которые при непрерывном изменении $\beta$ вдоль контура, начинающегося в точке $\beta=0$, совпадают при $\beta=0$ с корнями $S_n(0)=n\,(n=0,\frac{1}{2},1,\frac{3}{2},\dots)$. Таким образом, решение интегрального уравнения может быть представлено в виде бесконечной суммы вычетов подинтегрального выражения в точках $S_n(\beta^2)$.

Использование полученного решения позволяет выполнить суммирование по вакуумным переходам и получить аналитическое по константе перехода в вакуум представление для перестроенной амплитуды в ДМНШ. Показано, что структура перестроенной амплитуды содержит дополнительное скрытое вырождение траекторий Редже и допускает простую кварковую интерпретацию резонансов в ДМНШ. Кварковая структура резонансов при этом содержит бесконечное число кварков, каждый из которых находится в соответствии с определенным корнем $S_n(\beta^2)$ уравнения (II) и имеет определенное сохраняющееся квантовое число типа гиперзаряда или шарма. Массы кварков простым соотношением связаны со значениями $S_n(\beta^2)$.

Значительное место в диссертации отводится изучению перестроенной амплитуды как аналитической функции константы перехода в вакуум. При этом показано, что эта функция является многозначной и переходу с одного листа этой функции на какой-либо другой соответствует спонтанный вакуумный переход.



Каждому спонтанному вакуумному переходу соответствует определенная перестановка корней $S_n(0)$ и связанная с ней перестройка траекторий Редже. Последнее обстоятельство связано с тем, что перестроенная амплитуда содержит полюса по мандельстамовским переменным $S_{ik}$ в точках

$$\alpha_0+\alpha' S_{ik}-S_m(0)-S_n(0)-k=0,$$

зависящих от значений корней $S_n(0)$, соответствующих двум кваркам, из которых составлен данный резонанс.

На языке кварков каждая перестановка корней приводит, с точностью до перенумерации кварков, к изменению знака квадрата массы некоторых кварков $\mu_n^2\to-\mu_n^2$ т.е. возникает такая же ситуация, как и в $\lambda\varphi^3$ -теории, только на уровне масс кварков, а не частиц. Так же как и в $\lambda\varphi^3$ -теории, спонтанный вакуумный переход приводит к тому, что квадраты масс всех частиц становятся положительными и в модели отсутствуют тахионы.

В важном частном случае, когда интерсепт $\pi$ -мезонной траектории $\alpha_0^{\pi}=\frac{1}{2}$, так что $\pi$ -мезон является тахионом, спонтанный вакуумный переход приводит к тому, что квадрат массы $\pi$-мезона становится положительным, а массы двух легчайших кварков совпадают. Совпадение же масс кварков выражается и в совпадении всех остальных их свойств, что приводит к возникновению $SU(2)\times SU(2)\times U(1)\times U(1)\times\dots$ – симметрии дуальных амплитуд.

Возникновение симметрии типа $SU(2)\times SU(2)$ в дуальной модели Невью-Шварца не является совершенно неожиданным.

Первым указанием на то, что в ДМНШ может содержаться подобная симметрия, явился тот факт, что $\pi$ -мезон в этой модели удовлетворяет принципу Адлера, который, как было показано в первой части диссертации, эквивалентен нелинейной реализации некоторой группы симметрии.

Более подробному изучению вопроса о принципе Адлера для скалярных и псевдоскалярных частиц и связанной в дуальной модели Невью-Шварца с ним группы симметрии посвящена четвертая глава диссертации.

На примере рассмотрения конкретных процессов взаимодействия четырех частиц, описываемых перестроенными с учетом вакуумных переходов амплитудами, показано, что эти амплитуды удовлетворяют принципу Адлера. Так, в случае $\pi\pi\pi\pi$ – процесса, описываемого амплитудой

$$B(p_1,p_2,p_3,p_4) = \frac{\Gamma(-s+2s_0)\Gamma(-t+2s_0)}{\Gamma(-1-s-t+4s_0)} \tag{12}$$

при стремлении импульса $p_1 \to 0$ , амплитуда оказывается пропорциональна выражению

$$\frac{\Gamma(\frac{1}{2})\Gamma(\frac{1}{2})}{\Gamma(0)}, \tag{13}$$

которое равно нулю за счет наличия $\Gamma(0)$ в знаменателе. Для процесса $\pi\pi\sigma\sigma$ с амплитудой

$$\frac{\Gamma(-s+2s_0)\Gamma(\frac{1}{2}-t+2s_0)}{\Gamma(-\frac{1}{2}-s-t+4s_0)} \tag{14}$$

ситуация оказывается аналогичной.



Как обобщение этого факта, в диссертации также показано, что амплитуда взаимодействия произвольного числа внешних частиц обращается в нуль не только при стремлении к нулю импульса одного из $\pi$ -мезонов, но также и при стремлении к нулю импульса какой-либо из частиц, лежащих на расщепленных дочерних траекториях $\pi$ -мезона. При этом, если предположить, что частица, импульс которой стремится к нулю, состоит из кварка с номером $i$ и антикварка с номером $j$ , в пределе амплитуда оказывается пропорциональной выражению

$$\frac{\Gamma(\frac{1}{2}+s_i-s_j)\Gamma(\frac{1}{2}+s_j-s_i)}{\Gamma(0)}, \tag{15}$$

которое обращается в нуль за счет наличия $\Gamma(0)$ в знаменателе. Таким образом, в модели Невью-Шварца имеется бесконечный набор частиц, удовлетворяющих принципу Адлера, что позволяет сделать заключение о том, что группой симметрии дуальной модели Невью-Шварца является группа симметрии бесконечного ранга, нарушенная массами кварков.

В заключение перечислим основные результаты, полученные в диссертации.

I. В рамках квазиклассического подхода к $S$ -матрице, т.е. с учетом только древесных диаграмм, доказана теорема о том, что необходимым и достаточным условием для выполнения принципа Адлера является требование симметрии лагранжиана относительно некоторой группы $G$ , реализуемой нелинейными преобразованиями полей. Показано, что теорема верна также и в случае симметрии, нарушенной путем введения массового члена при условии, что частицы обладают некоторым отрицательным мультипликативным сохраняющимся числом типа $G$-четности.

2. Построен частный вид нелинейной реализации суперсимметрии с производными от фермионных полей. Доказано, что голдстоуновское нейтрино Волкова и Акулова удовлетворяет принципу Адлера для процессов с произвольным числом внешних нейтрино.

3. В рамках теории возмущений рассмотрена возможность изучения вакуумных переходов в дуальных моделях. Показана совместность требования дуальности и предположения о вакуумных переходах. В первых порядках теории возмущений вычислена перестроенная дуальная амплитуда, описывающая взаимодействие четырех частиц.

4. Получено интегральное уравнение для дополнительного инвариантного множителя, возникающего в дуальной амплитуде Невью-Шварца в результате суммирования по вакуумным переходам. Показано, что использование инвариантности интегрального уравнения относительно группы суперпроективных преобразований существенно упрощает как процедуру вывода этого уравнения, так и метод его решения.

5. Полученное интегральное уравнение решено в явном виде. На основе полученного решения найдено аналитическое по константе перехода в вакуум выражение для перестроенной за счет вакуумных переходов амплитуды в дуальной модели Невью-Шварца.

6. На основе изучения положения особенностей перестроенной амплитуды в комплексной плоскости импульсов внешних частиц обнаружено дополнительное скрытое вырождение траекторий Редже в дуальной модели Невью-Шварца. Показано, что указанное вырождение может интерпретироваться посредством некоторой кварковой структуры резонансов с бесконечным числом кварков возрастающей



массы. При этом каждому из кварков соответствует свой вид сохраняющегося квантового числа типа гиперзаряда.

7. Изучены спонтанные вакуумные переходы и перестройка спектра резонансов в результате таких переходов в дуальной модели Невью-Шварца. Показано, что в важном случае оригинальной модели Невью-Шварца, в которой $\pi$ -мезон является тахионом, спонтанный вакуумный переход приводит к изменению знака квадрата массы $\pi$ -мезона и, как следствие, к возникновению $SU(2)\times SU(2)\times U(1)\times U(1)\times\dots$ - симметрии дуальных амплитуд.

8. Показано, что перестроенные с учетом вакуумных переходов амплитуды взаимодействия обращаются в нуль не только при стремлении к нулю импульса одного из $\pi$-мезонов, но также и при стремлении к нулю импульса какой-либо из частиц, лежащих на расщепленных траекториях $\pi$ -мезона. Тем самым показано, что в модели имеется бесконечное число частиц, удовлетворяющих принципу Адлера, что свидетельствует в пользу существования в дуальной модели Невью-Шварца некоторой нарушенной группы симметрии бесконечного ранга, содержащей в качестве подгруппы группу $SU(2)\times SU(2)\times U(1)\times U(1)\times\dots$.

Основные результаты диссертации докладывались на сессиях отделения ядерной физики АН СССР, на Ужгородской осенней школе (Ужгород, 1973), на У Международном симпозиуме по физике высоких энергий (Варшава, 1975), на IУ Международном совещании по нелокальным и нелинейным теориям (Алушта, 1976), на ХУШ Международной конференции по физике высоких энергий (Тбилиси, 1976), на семинарах лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:


1. Пашнев А.И. ТМФ, 17, 210, 1973.
2. Пашнев А.И. ТМФ, 20, 141, 1974.
3. Волков Д.В., Желтухин А.А., Пашнев А.И. ЯФ, 18, 902, 1973.
4. Pashnev A.I., Volkov D.V., Zheltukhin A.A. Preprint KhPTI 76-29, Kharkov 1976.
5. Pashnev A.I., Volkov D.V., Zheltukhin A.A. Preprint KhPTI 76-35, Kharkov 1976.



Рукопись поступила в издательский отдел
3 ноября 1977 года.