

Д, -24

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2-91-331

ДВОЕГЛАЗОВ

Валерий Владимирович

УДК 539.12.01

ОПИСАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ  
ДВУХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЧАСТИЦ  
С РАЗЛИЧНЫМИ СПИНАМИ  
МЕТОДАМИ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ ПОЛЯ

Специальность: 01.04.02 - теоретическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1991

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований

Научные руководители:

доктор физико-математических наук,  
профессор

Ю. Н. Тюхтяев

доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник

Н. Б. Скачков

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,  
член-корреспондент АН Азербайджана

Р. М. Мир-Касимов

доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

Э. Э. Боос

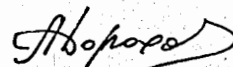
Ведущая организация - Институт физики высоких энергий (Протвино)

Автореферат разослан " " \_\_\_\_\_ 1991 года

Защита диссертации состоится " " ноября 1991 года  
на заседании Специализированного совета К 047.01.01 Лаборатории  
теоретической физики Объединенного института ядерных исследований,  
г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединенного  
института ядерных исследований.

Ученый секретарь  
Специализированного совета  
кандидат физико-математических наук

  
А. Е. Дорохов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Методы квантовой теории поля, возникшей на базе обобщения классической электродинамики, в последние десятилетия всё шире используются для описания также и других видов взаимодействия - сильного и слабого взаимодействий элементарных частиц. При этом следует иметь в виду, что пока наиболее последовательно развитым аппаратом в рамках релятивистской квантовой теории поля является аппарат теории возмущений.

Разработанная в работах Н. Н. Боголюбова и его школы теория  $R$ -операции, позволила подвести строгое математическое обоснование под применение процедуры перенормировок и тем самым под применение высших порядков теории возмущений при расчёте различных физических процессов. Это обстоятельство является особо важным, поскольку существует большой класс физических эффектов, обусловленных вкладом именно высших поправок теории возмущений. К ним, например, в квантовой электродинамике (КЭД) относятся эффекты сдвига и расщепления уровней водородоподобных атомов. Подчеркнем также, что проверка теории электрослабого взаимодействия, осуществляемая в настоящее время на крупнейших ускорителях в ЦЕРНе, ДЕЗИ, ФНАЛ и в Серпухове, также основывается на расчётах, выполненных с учетом высших порядков теории возмущений.

Вместе с тем следует отметить, что применение математического аппарата теории возмущений к конкретным физическим процессам не носит в ряде случаев прямолинейного характера. К такого сорта процессам в КЭД принадлежат уже упоминавшиеся выше эффекты сдвига и расщепления энергетических уровней водородоподобных систем, поскольку в них поправки высших порядков реализуются вместе со специфическими эффектами связанных состояний.

Эффекты связанности, имеющие непертурбативный характер, вносят весьма заметный вклад в вычисление экспериментально измеряемых спектроскопических характеристик электродинамических двухчастичных составных систем. Однако, проблема описания связанных систем в рамках релятивистской квантовой теории поля пока ещё не может считаться решенной.

Изучение влияния эффектов связанности на величину вклада от многопетлевых фейнмановских диаграмм в спектроскопические характеристики составных систем представляет большой интерес. Одним из наиболее эффективных инструментов описания связанных состояний являются одновременные уравнения, полученные в рамках квантовой теории поля в работах А. А. Логунова и А. Н. Тавхелидзе. Предложенный

Объединенный институт  
ядерных исследований

ими подход получил также широкое применение в задачах, связанных с адронной и кварковой физикой, позитронием, а также для проверки предсказаний КЭД и точного определения её фундаментальной константы  $\alpha$  – постоянной тонкой структуры. Поэтому дальнейшее развитие аппарата одновременного релятивистского подхода к описанию связанных состояний частиц, в том числе и с различными спинами, и методики учета в этой теории вкладов высших порядков теории возмущений КЭД является весьма важной задачей.

Другой важной областью проверки квантовой теории поля являются расчеты, основанные на высших порядках теории электрослабого взаимодействия. Наиболее интересной частью этой теории является её скалярный сектор, содержащий члены лагранжиана, описывающие взаимодействие векторных бозонов и фермионов с хиггсовскими частицами, а также самодействие хиггсов. Именно наличие хиггсовских частиц и обеспечивает с помощью механизма спонтанного нарушения симметрии возникновение масс входящих в теорию частиц. Хиггсовский сектор становится существенно более богатым при расширении стандартной модели электрослабого взаимодействия (модели Глэшоу – Вайнберга – Салама) путем введения двух дублетов скалярных хиггсов. Изучение взаимодействия калибровочных бозонов входит в программы будущих экспериментальных исследований на планируемых ускорителях (ЛНУ, УНК, SSC). Поэтому систематическое изучение в рамках стандартной модели и её расширений взаимодействия таких бозонов, в том числе скалярных хиггсовских частиц, учитывающее вклад высших порядков теории возмущений, также представляет большой интерес.

Целью работы является развитие в рамках квантовой теории поля математического аппарата теории составных систем. В качестве таких систем рассмотрены связанные состояния частиц, обладающих различными спинами, взаимодействие между которыми осуществляются посредством промежуточных векторных и скалярных бозонов калибровочных теорий сильного и электрослабого взаимодействий.

#### Научная новизна и практическая ценность

В диссертации в рамках одновременного подхода в квантовой теории поля впервые получена система релятивистских парциальных уравнений в импульсном пространстве для составной системы двух фермионов, обладающей полным спином  $S=0$  и  $S=1$ . Аналогичные парциальные уравнения получены для систем других частиц: фермиона и бозона со спином  $S=0$  ( $\pi\mu$  – атом), фермиона и бозона со спином  $S=1$ , двух бозонов со спином  $S=1$ . Для описания волновых функций бозона ( $S=1$ ) использован  $2(2S+1)$  – формализм.

В рамках указанного формализма найден вид релятивистского гамиль-

тониана взаимодействия векторной частицы с внешним электромагнитным полем (без использования разложения  $\sim 1/m^2$ ). Развита аппарат для описания спектра масс глюония на основе релятивистских уравнений для составных систем (как в импульсном пространстве Лобачевского, так и в релятивистском конфигурационном пространстве).

На основе одновременного подхода Логунова – Тавхелидзе впервые получен квазипотенциал взаимодействия для системы двух фермионов равной массы вплоть до четвертого порядка теории возмущений. Рассмотрены конкретные примеры использования указанного квазипотенциала. Исследован вопрос о сокращении аномальных вкладов  $\sim \alpha^5 \ln \alpha$  в сверхтонкое расщепление (СТР) основного уровня позитрония. Проведено сравнение двух способов построения квазипотенциала и исследовано влияние эффектов связанности на результат расчета СТР основных уровней позитрония и мюония. Впервые в рамках квазипотенциального подхода вычислены некоторые новые поправки порядка  $\sim \alpha(Z\alpha)$  и  $\sim Z^2\alpha(Z\alpha)$  к энергии Ферми СТР основного уровня мюония от однопетлевых диаграмм. Использованный формализм в отличие от работ Эйдеса и др., позволил избежать разложения по параметру  $\frac{m}{M}$  (отношение масс легкой и тяжелой частиц в мюонии) до проведения интегрирования по импульсам.

Новым вкладом является вычисление перенормированной амплитуды хиггс-хиггс взаимодействия с учетом высших поправок теории возмущений. Расчеты проведены как в рамках стандартной модели Вайнберга – Салама – Глэшоу (ВСГ), так и в рамках модели с двумя дублетами хиггсовских частиц. Эта модель представляет практический интерес ввиду того, что дает альтернативное теоретическое решение проблемы CP-нарушения. Впервые в рамках унитарной калибровки в диссертации приводятся значения вершинных констант лагранжиана самодействия хиггсовских бозонов.

При расчете перенормированной амплитуды (и необходимых контрчленов) вершинные константы фиксировались значениями модели, являющейся минимальным суперсимметричным расширением стандартной модели Лагранжиан четыреххиггсовского самодействия, который ранее не приводился в литературе, выписан в унитарной калибровке.

Развитый в диссертации аппарат может быть применен к решению широкого круга задач, где изучаются связанные состояния двух частиц с различными спинами.

Амплитуда хиггс-хиггс взаимодействия может также быть использована для решения вопроса о справедливости разложения в ряд теории возмущений в электрослабой теории (при больших массах бозонов Хиггса), для проверки унитарности  $S$ -матрицы, для построения эффективного потенциала самодействия.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 16 работ.

Апробация работы. Результаты, полученные в диссертации, докладывались и обсуждались на семинарах Лаборатории теоретической физики ОИЯИ и кафедры теоретической и ядерной физики СГУ. Работы также докладывались на IV Школе молодых ученых, организованной НИИЯФ МГУ (г. Ужгород, октябрь 1989 г.), III Всесоюзном совещании по квантовой метрологии и фундаментальным константам (г. Ленинград, декабрь 1988 г.), Всесоюзном совещании "Математические проблемы физики" (г. Самара, май 1987 г.), Межвузовских совещаниях по физике высоких энергий (г. Саратов, май 1988 г.), (г. Ленинград, май 1990 г.).

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав основного текста, заключения и 2 приложений. Текст диссертации изложен на 122 страницах, включая 3 рисунка и 1 таблицу. Библиографический список литературы содержит 124 наименования.

### СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении кратко изложены основные идеи метода одновременного релятивистского описания двухчастичных систем, а также дано обоснование актуальности выбранной темы. Кратко излагаются основные цели работы и её содержание.

В первой главе на основе ковариантного трехмерного релятивистского уравнения для спиновой волновой функции (ВФ):

$$2\Delta_{p,m\lambda_p}^0 [M - 2\Delta_{p,m\lambda_p}^0] \tilde{\Psi}_{MK}^{\sigma_1\sigma_2}(\vec{\Delta}_{p,m\lambda_p}) = \frac{1}{(2\pi)^3} \sum_{\lambda_1\lambda_2} \int \frac{d\vec{\Delta}_{k,m\lambda_p}}{2\Delta_{k,m\lambda_p}^0} V_{\lambda_1\lambda_2}^{\sigma_1\sigma_2}(\vec{\Delta}_{p,m\lambda_p}, \vec{\Delta}_{k,m\lambda_p}; \mathcal{P}^2) \tilde{\Psi}_{MK}^{\lambda_1\lambda_2}(\vec{\Delta}_{k,m\lambda_p}) \quad (1)$$

строится система парциальных уравнений для описания связанных состояний частиц с различными спинами. Глава состоит из 5 параграфов.

В § 1 исследуется случай, когда ядро  $V$  интегрального уравнения, построенное из фейнмановских матричных элементов амплитуды взаимодействия спиновых частиц с помощью операции приравнивания времен, зависит от полной энергии связанной системы двух фермионов. (Аналогичный случай модели Вика - Кутковского исследовался в работах Арбузова и др.) Получен квазипотенциал в  $S\sigma$ -представлении. Указанный квазипотенциал и ВФ с помощью шаровых векторов разлагаются по парциальным волнам.

В § 2 на основе такого разложения строится система парциальных релятивистских уравнений для состояний с полным спином  $S = 0$  и  $S = 1$ . Вычислен квазипотенциал в  $J\ell$ -представлении (для зна-

чений  $\ell = 0, 1, 2$ ).

В § 3 рассматривается другое возможное связанное состояние: фермион - бозон спина 0 (т.е.  $\pi\mu$ -атом или кварк-дикварк). Получены соответствующие парциальные уравнения и квазипотенциал  $V$ .

В § 4 для описания составных систем типа: фермион-бозон спина 1 (кварк-дикварковая система) или два бозона спина 1 (глюоний) используется тот же аппарат релятивистских одновременных уравнений. Для описания полевых операторов частицы спина  $S = 1$  в гейзенберговском представлении, которые входят в ВФ Бете - Солпитера (и в одновременную ВФ тоже) используется  $2(2S+1)$ -компонентный формализм. Многие полезные формулы данного формализма см. в Приложении I.

Для связанного состояния двух глюонов - глюония, построена система парциальных уравнений в релятивистском конфигурационном представлении, которая используется для нахождения квазиклассического условия квантования.

§ 5 посвящен нахождению релятивистского гамильтониана взаимодействия векторной частицы с внешним электромагнитным полем (без использования разложения  $\sim 1/m^2$ ).

Вторая глава посвящена анализу эффектов связанности в двухфермионных системах и вычислению поправок к сверхтонкому расщеплению (СТР) основного уровня мюония и позитрония. Необходимость повышения теоретической точности расчетов СТР диктуется значительным прогрессом в измерении его величины в позитронии и мюонии. Так, для позитрония

$$\Delta \nu = 203339,10(74) \text{ мГц,}$$

а для мюония значение такого расщепления

$$\Delta \nu = 4463302,88(16) \text{ мГц.}$$

В § 1 выводится квазипотенциал в четвертом порядке для взаимодействия частиц одинаковой массы по рецепту, сформулированному А.А. Логуновым и А.Н. Тавхелидзе:

$$\tilde{V} = \tau^+ (1 + F\tau^+)^{-1} \quad (2)$$

(причем  $\tau^+ = F^{-1}G_0T_0G_0^{-1}F^{-1}$ ), т.е. с использованием двухвременной функции Грина. Отличительной особенностью полученного квазипотенциала является его зависимость от энергии составной системы, появляющаяся в результате последовательного учета эффектов связанности.

В § 2 на основе полученного квазипотенциала исследуются аномальные вклады  $\sim \alpha^5 \ln \alpha$  в СТР позитрония, обусловленные поведением квазипотенциала в инфракрасной области. Используется кулоновская калибровка. В качестве волновых функций начального и конечного  $1S$ -состояний используются точные решения нерелятивистского уравнения Шредингера с кулоновским потенциалом:

$$\phi_c(\vec{p}) = \frac{8\pi(Z\alpha)M|\phi_c(0)|}{(\vec{p}^2 + Z^2\alpha^2 m^2)^2}, \quad |\phi_c(0)| = \sqrt{\frac{Z^3\alpha^3 M^3}{\pi}}, \quad (3)$$

$M$  - приведенная масса,  $\alpha$  - постоянная тонкой структуры. Отличие такой ВФ от релятивистской ВФ квазипотенциального уравнения не сказывается на результате расчета СТР с указанной точностью.

В § 3 исследуются вклады в СТР мюония ( $m_1 + m_2$ ). Проведено сравнение двух методов построения квазипотенциала (с помощью двухвременной функции Грина и амплитуды рассеяния вне энергетической поверхности:  $\sqrt{\vec{p}^2 + m_1^2} + \sqrt{\vec{p}^2 + m_2^2} \neq \sqrt{q_1^2 + m_1^2} + \sqrt{q_2^2 + m_2^2} = E'$ . Как и ранее производился учет зависимости ядра уравнения от энергии системы.

Также рассмотрены однопетлевые диаграммы с вершинной и собственно-энергетической частями. Вычислены некоторые поправки порядка  $\sim \alpha(Z\alpha)$  и  $\sim Z^2\alpha(Z\alpha)$  к энергии Ферми сверхтонкого расщепления мюония. При этом, при вычислении необходимых интегралов не использовалось разложение подынтегрального выражения по параметру  $m/M$ .

Получен новый результат:

$$\Delta E^{СТР} = -E_F \left\{ \frac{\alpha(Z\alpha)}{\pi^2} \frac{m^2}{M^2} \frac{3\sqrt{2}}{4} \left[ \left( \frac{7\pi^2}{16} + 2 \right) \ln \frac{m}{M} \right] + \frac{Z^2\alpha(Z\alpha)}{\pi^2} \right. \\ \left. + \frac{m^2}{M^2} \sqrt{2} \left[ \frac{8}{3} \ln^2 \frac{m}{M} + \left( 1 - \frac{40}{3} \ln 2 + \frac{16\sqrt{2}}{3} \ln(1+\sqrt{2}) \right) \ln \frac{m}{M} \right] \right\}. \quad (4)$$

В третьей главе в рамках стандартной модели электрослабого взаимодействия ВСГ рассчитана амплитуда хиггс-хиггсовского взаимодействия с учетом однопетлевых поправок. При этом процедура перенормировок осуществлялась на массовой поверхности ( $p_i^2 = m_i^2$ ) после спонтанного нарушения симметрии. В качестве независимых

параметров использовались:  $e$  - электрический заряд и  $M_W, M_Z, M_X$  и  $m_f$  - массы всех частиц, т.е. параметры, рекомендованные Триестской конференцией.

В § 1 представлен лагранжиан скалярного сектора в унитарной калибровке и обсуждена программа перенормировок.

В § 2 рассматриваются перенормированные собственно-энергетические и вершинные блоки.

Полная амплитуда процесса  $H^0 H^0 \rightarrow H^0 H^0$  с учетом четвертого порядка теории возмущений и необходимый в унитарной калибровке контрчлен  $i\mathcal{M}^{ct}$  представлены в § 3. Необходимо отметить, что в конечный результат входят элементы матрицы Кобаяши - Маскавы в силу использования контрчленов  $\delta M_W^2/M_W^2$  и  $Z_W - 1$  при процедуре перенормировки.

Полученная амплитуда может быть интересна а) с точки зрения возможного существования связанного состояния калибровочных или хиггсовских бозонов и необходимости их адекватного описания; б) проблемы унитарного предела и справедливости теории возмущений в модели ВСГ при больших массах хиггсовской частицы; в) с точки зрения возможности того, что калибровочные бозоны могут быть составными частицами и образовываться в результате сильновзаимодействующего скалярного сектора теории ВСГ. Аналогичные расчеты амплитуды хиггс-хиггс ( $H^+ H^-$ ) взаимодействия в рамках двухдублетного расширения стандартной модели представлены в четвертой главе.

В § 1 выписан лагранжиан двухдублетной модели, а также минимальной суперсимметричной модели, которая тоже использует два дублета скаляров. Ввиду громоздкости вершинные константы самодействия различных хиггсов в унитарной калибровке вынесены в Приложение II.

Обсуждается проблема перенормировки в секторе хиггсовских бозонов.

В § 2 выписаны собственно-энергетические и вершинные блоки, которые затем используются для нахождения амплитуды  $H^+ H^-$  взаимодействия.

В § 3 представлены некоторые контрчлены, необходимые для перенормировки собственно-энергетических, вершинных частей амплитуды взаимодействия. В качестве констант, соответствующих вершинам (по Фейнмановским правилам), используются константы минимальной суперсимметричной модели.

В § 4 представлен результат вычисления амплитуды  $H^+ H^-$  взаимодействия вплоть до четвертого порядка теории возмущений по электро-

слабой константе связи.

В заключении сформулированы основные выводы диссертации.

В Приложении I выписаны основные формулы  $2(2S+1)$ -формализма.

В Приложении II выписаны константы самодействия, полученные в лагранжиане двухдублетной модели после спонтанного нарушения симметрии.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ДИССЕРТАЦИИ

1. В рамках одновременного подхода в квантовой теории поля развит аппарат для описания связанных систем различных спиновых частиц: 1) фермиона и бозона спина  $S = 0$  ( $\pi$  и  $\mu$  - атом) и  $S=1$ ; 2) двух бозонов со спином  $S = 1$ ; 3) фермион-фермионной связанной системы. Получены релятивистские трехмерные, а также парциальные уравнения для волновой функции составной системы.

2. Вычислен квазипотенциал взаимодействия для двухфермионной системы (для фермионов с равными массами) с учетом членов вплоть до четвертого порядка теории возмущений КЭД.

3. Проанализировано сокращение аномальных ( $\sim \alpha^5 \ln \alpha$ ) вкладов в сверхтонкое расщепление позитрония от диаграмм прямого канала. Проанализировано влияние эффектов связанности и инфракрасного поведения квазипотенциала на результат расчета поправок  $\sim \alpha^2 \ln \alpha E_F$  в сверхтонкое расщепление мюония.

4. Найдены некоторые поправки  $\sim \alpha(\bar{z}\alpha)$  и  $\sim z^2\alpha(\bar{z}\alpha)$  к энергии Ферми сверхтонкого расщепления основного уровня мюония от однопетлевых диаграмм.

5. В рамках  $2(2S+1)$ -мерного описания ВФ частиц со спином  $S$  получен гамильтониан взаимодействия векторной частицы с внешним электромагнитным полем (без разложения  $\sim 1/m^2$ ).

6. В рамках стандартной теории электрослабого взаимодействия и её простейшего двухдублетного расширения вычислена перенормированная амплитуда хиггс-хиггс ( $H^0 H^0$  и  $H^+ H^-$ ) взаимодействия. Найдены соответствующие контрчлены.

7. Получен полный лагранжиан двухдублетной модели и модели, являющейся минимальным суперсимметричным расширением стандартной модели (т.е. с двумя хиггсовскими дублетами и отсутствием хиггсовских синглетов), в т.ч. часть  $\mathcal{L}_{4H}^{SUSY}$  и  $\mathcal{L}_{3H}^{TDM}$  определяющая самодействие, которая ранее не была представлена в литературе.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. В.В. Двоглазов, Н.Б. Скачков. Ковариантное трехмерное уравнение для составной системы, образованной фермионом и бозоном. Сообщения ОИЯИ P2-84-199, Дубна, 1984;
2. В.В. Двоглазов, Н.Б. Скачков. Ковариантное трехмерное уравнение для волновой функции векторных мезонов в составной модели спинорных кварков. Сообщения ОИЯИ P2-84-200, Дубна, 1984;
3. В.В. Двоглазов, Н.Б. Скачков. Релятивистское ковариантное одновременное уравнение для описания  $(\pi\mu)$ -атома. Сообщения ОИЯИ P2-84-383, Дубна, 1984;
4. В.В. Двоглазов, Н.Б. Скачков. Релятивистская параметризация гамильтониана взаимодействия векторной частицы с внешним электромагнитным полем. ЯФ, 1988, т. 48, вып. 6 (12), с. 1770-1774. (Препринт ОИЯИ E2-87-381, Дубна, 1987);
5. В.В. Двоглазов, Н.Б. Скачков. Спектр масс глюония в квазипотенциальном подходе. Сообщения ОИЯИ P2-87-882, Дубна, 1987.
6. В.В. Двоглазов, Ю.Н. Тютяев, Р.Н. Фаустов. О расчете поправок порядка  $\alpha^2$  к энергии Ферми сверхтонкого расщепления основного уровня мюония от однопетлевых диаграмм. В Трудях III Всесоюзного совещания по квантовой метрологии и фундаментальным физическим константам. Ленинград, 1988, с. 102.
7. В.В. Двоглазов, Ю.Н. Тютяев, Р.Н. Фаустов. О расчете поправок порядка  $\alpha^2$  к энергии Ферми сверхтонкого расщепления основного уровня мюония от однопетлевых диаграмм. Сообщения ОИЯИ P2-89-271, Дубна, 1989;
8. В.В. Двоглазов, Ю.Н. Тютяев, Н.Б. Скачков. Некоторые особенности описания связанных состояний в рамках квазипотенциального формализма КТП. В трудах IV Школы молодых учёных НИИЯФ МГУ, Ужгород, 1989, с. 198-200.
9. В.В. Двоглазов, Н.Б. Скачков. Связанные состояния и хиггсовский сектор теории Вайнберга - Салама - Глэшоу. В трудах IV Школы молодых ученых НИИЯФ МГУ, Ужгород, 1989, с. 201-204.
10. Н.А. Бойкова, В.В. Двоглазов, Ю.Н. Тютяев, Р.Н. Фаустов. Квазипотенциал двухчастичной системы и инфракрасные особенности. Сообщения ОИЯИ P2-90-529, Дубна, 1990.

II. V.V. Dvoeglazov, V.I. Kikot, N.B. Skachkov. Higgs-Higgs Interaction Up to Higher Orders of Perturbation Theory in the Standard Model I. Self-energy and Vertex Diagrams JINR Communication E2-90-569, Dubna, 1990.

(Хиггс-Хиггс взаимодействие с учетом высших порядков теории возмущений в стандартной модели. I. Собственно-энергетические и вершинные диаграммы).

12. V.V. Dvoeglazov, V.I. Kikot, N.B. Skachkov Higgs-Higgs Interaction Up to Higher Orders of Perturbation Theory in the Standard Model. II Box diagrams and One-loop Amplitude. JINR Communication E2-90-570, Dubna, 1990.

(Хиггс-Хиггс взаимодействие с учетом высших порядков теории возмущений в Стандартной модели II. "Ящичные" диаграммы и однопетлевая амплитуда).

13. V.V. Dvoeglazov, N.B. Skachkov, Yu. N. Tyukhtyaev. Relativistic Partial wave Integral Equations for the Two-Fermion wave Function. JINR Communication, E2-90-571, Dubna, 1990.

(Релятивистские парциальные интегральные уравнения для волновой функции системы двух фермионов).

14. V.V. Dvoeglazov, N.B. Skachkov  $H^+H^-$  - Interaction Up to Higher Orders of Perturbation Theory in the Model with Two Higgs doublets ( Self-energy and Vertex Diagrams). JINR Communication E2-91-II4, Dubna, 1991.

( $H^+H^-$  взаимодействие с учетом высших поправок теории возмущений в модели с двумя хиггсовскими дублетами ( Собственно-энергетические и вершинные диаграммы).

15. V.V. Dvoeglazov, N.B. Skachkov.  $H^+H^-$  Interaction Up to Higher Orders of Perturbation Theory in Model with Two Higgs doublets (Lagrangian and One-loop amplitude) JINR Communication E2-91-II5, Dubna, 1991 .

( $H^+H^-$  взаимодействие с учетом высших поправок теории возмущений в модели с двумя хиггсовскими дублетами. (Лагранжиан и однопетлевая амплитуда).

16. V.V. Dvoeglazov, N.B. Skachkov.  $H^+H^-$  Interaction Up to Higher Orders of Perturbation Theory in the Model with Two Higgs Doublets ( Counter terms ). JINR Communication E2-91-I79, Dubna, 1991 . ( $H^+H^-$  - взаимодействие с учетом высших поправок теории возмущений в модели с двумя хиггсовскими дублетами. (Контрчлены).

Еще две работы приняты к публикации журналами "Ядерная физика" (1991, №) и "Теоретическая и математическая физика" (1991).

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 июля 1991 года.