

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 2003 г. в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова проводились исследования по четырем темам первого приоритета: «Поля и частицы», «Современная математическая физика», «Теория атомного ядра и других конечных систем», «Теория конденсированных сред».

ПОЛЯ И ЧАСТИЦЫ

Исследования по теме «Поля и частицы» охватывали широкий круг проблем *квантовой теории поля* (КТП) и *феноменологии физики частиц*.

Феноменологические исследования стандартной модели фундаментальных взаимодействий и ее расширений, а также физики адронов при низких и высоких энергиях были сконцентрированы на следующих направлениях:

- феноменология суперсимметрии;
- КХД структурные функции;
- спиновые и поляризационные явления;
- киральная модель и спектроскопия мезонов.

В 2003 г. был достигнут значительный прогресс в нескольких направлениях. Ниже представлены некоторые результаты, полученные в ЛТФ по этой теме.

Двухпетлевые поправки к матрице аномальных размерностей для операторов твиста-2 вычислены в $N = 4$ суперсимметричной теории Янга–Миллса для поляризованного и неполяризованного случаев. В первых двух порядках теории возмущений собственные значения этой матрицы выражены в терминах некоторой универсальной функции и отличаются лишь сдвигом ее аргумента на целые числа. Лидирующий вклад для этой функции представляет собой пси-функцию Эйлера, а поправка следующего порядка имеет более сложную форму, выражаемую

важной составляющей в деятельности лаборатории является теоретическая поддержка экспериментальных исследований, проводимых с участием ОИЯИ. Особое внимание уделялось привлечению к работе молодых исследователей, студентов и аспирантов.

через вторую производную от пси-функции в комбинации с некоторыми другими родственными функциями. В контексте *AdS/CFT*-соответствия, позволяющего получать информацию о пределе сильной связи на основе расчетов, выполненных в классической супергравитации в пространстве анти-де-Ситтера, эти результаты могут быть интерпретированы как указание на наличие определенных соотношений между режимами слабой и сильной связи для собственных значений матрицы аномальных размерностей вильсоновских операторов [1].

Механизм «возвращения на резонанс» может быть использован для процедуры учета радиационных поправок (РП) к сечениям ГНР в рамках картины Дрелла–Яна. Для этой цели предложена процедура итераций. Кинематическая область $y \rightarrow 1$ может быть описана в картине Дрелла–Яна в терминах структурных функций. Большие РП низшего порядка являются следствием подавления сечения фактором Судакова. Показано, что этот эффект может быть учтен во всех порядках теории возмущений. На основе явных вычислений вплоть до двухпетлевого уровня сечение в области $y \rightarrow 1$ построено таким образом, что наряду с эффектом факторного подавления оно удовлетворяет уравнениям группы перенормировок [2].

На основе анализа упругого и неупругого электрон-нуклонного рассеяния с образованием адронного состояния X , движущегося в направлении начального нуклона, и аналитических свойств амплитуд комптоновского рассеяния на протоне и нейтроне выведено правило сумм, связывающее радиусы и аномальные магнитные моменты нуклонов с разностью интегралов от сечений фотообразования на протоне и нейтроне [3].

Проанализированы поляризованные кварковые распределения, полученные коллаборациями SMC и HERMES. Показано, что, в то время как результаты SMC для первых моментов поляризованных кварковых распределений $\Delta_1 q$ находятся в хорошем согласии с правилом сумм Бьеркена, соответствующие результаты коллаборации HERMES находятся в сильном противоречии с этим важнейшим правилом сумм. Для извлечения $\Delta q(x)$ из асимметрий, измеренных в обоих экспериментах, применялся анализ в лидирующем порядке КХД. Поскольку область по Q^2 , достигнутая коллаборацией HERMES, ниже, чем в SMC, для данных HERMES может потребоваться анализ в следующем за лидирующим порядке. Проанализирована также возможность реализации несимметричного сценария для поляризованного моря легких кварков. Было показано, что если использовать опубликованные результаты HERMES для валентных кварковых распределений, то применение правила сумм, записанного в терминах валентных и морских кварковых распределений, которое эквивалентно правилу сумм Бьеркена, приводит к интересному результату

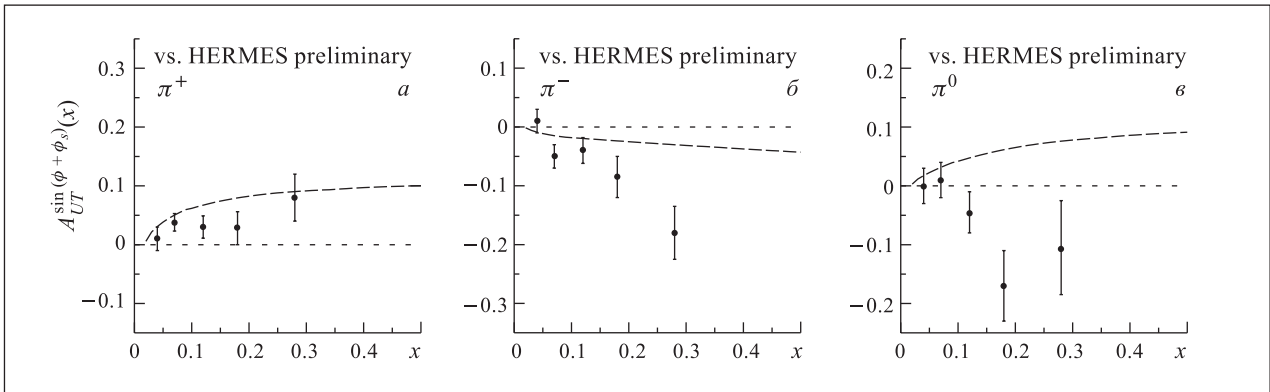
$$\Delta_1 \bar{u} - \Delta_1 \bar{d} = 0,235 \pm 0,097,$$

т. е. поляризованное море легких кварков является несимметричным относительно \bar{u} и \bar{d} кварковых поляризованных распределений [4].

Даны предсказания для одиночных азимутальных асимметрий, обусловленных эффектом Коллинза, в полунклюзивном глубоконеупругом рождении пионов на поперечно- и продольно-поляризованных мишенях в экспериментах HERMES и COMPASS. С помощью функции распределения поперечного спина кварков в киральной кварк-солитонной модели получена x -зависимость асимметрий. Нормировка предсказанных асимметрий определяется информацией о функции фрагментации Коллинза, извлеченной из предыдущих данных HERMES по азимутальным асимметриям $A_{UL}^{\sin \phi}$ на продольно-поляризованной мишени, где, как показано, эффект Сиверса сильно подавлен. Одиночные спиновые асимметрии

$$A_{UT} = \frac{\int d\phi \sin(\phi + \phi_S) (d\sigma^+/P^+ d\phi - d\sigma^-/P^- d\phi)}{\int d\phi (d\sigma^+/d\phi + d\sigma^-/d\phi)}$$

на поперечно-поляризованной протонной мишени составляют примерно 10% для положительных и нейтральных пионов как в HERMES, так и в COMPASS. Для продольно-поляризованной мишени на COMPASS мы получили $A_{UL}^{\sin \phi} \sim 0,5\%$ и $A_{UL}^{\sin 2\phi} \sim 1,5\%$. Предварительные данные HERMES согласуются с нашими предсказаниями для π^+ (см. рисунок), но наблюдается расхождение для π^- и особенно для π^0 . Причина этих отклонений пока неясна [5].



Сформулировано замечание касательно способа «перевода» некоторых сингулярных «длинноволновых» асимптотик в инфракрасную область переданных импульсов. Оно основано на теореме Таубера и имеет отношение к интерпретации результатов по инфракрасному поведению эффективной функции связи КХД, полученных коллаборацией ALPHA с помощью решеточных вычислений функционального интеграла Шредингера [6].

В КХД введены новые непertурбативные функции распределения пар векторных мезонов на световом конусе. Предложенный подход успешно применен к анализу данных коллаборации L3 [7].

Уравнение Бете–Солпитера для скалярной теории в лестничном приближении записывается в форме интегрального уравнения в конфигурационном x -пространстве с ядром, которое для стабильных состояний является самосопряженным положи-

тельным оператором. Решение уравнения формулируется как вариационная проблема. Найдена аналитическая форма пробных функций, для которых точность вычисления масс связанных состояний меньше 1% по сравнению с имеющимися численными расчетами [8].

В русле изучения CP -нарушения в распадах B - и B_c -мезонов проведен прямой расчет их нелептонных распадов в рамках релятивистской кварковой модели. Подтверждено, что распады $B \rightarrow D_s$ анти- D_0 и $B_c \rightarrow D_s D_0$ хорошо подходят для выделения угла Кабиббо–Кобаяши–Маскавы γ из отношения амплитуд, поскольку их ширины распада одинакового порядка величины. В b - c -секторе распады $B \rightarrow DK$ и $B_c \rightarrow DD$ ведут к сплюсненному треугольнику, который, следовательно, не так полезен для экспериментального определения угла. Также найдены отношения других нелептонных распадов B_c и проведено сравнение полученных нами и имеющихся в литературе результатов [9].

Вычислен вклад инстантонов в электромагнитные формфакторы составляющего кварка, что позволяет объяснить новые данные по нарушению скейлинга в глубоконеупругом рассеянии [10].

СОВРЕМЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Исследования по теме были сосредоточены на следующих направлениях:

- суперсимметрия и суперструны;
- квантовые группы и интегрируемые системы;
- квантовая гравитация и космология.

Ниже приведены некоторые из полученных в 2003 г. результатов.

Построен специальный квантовый оператор Лакса L , определяющий квантовую модель на цепочке и удовлетворяющий сплетающему RLL-соотношению. Этот оператор играет важную роль в формулировке вспомогательной линейной задачи для трехмерных интегрируемых квантовых систем [15].

Исследованы трехмерные точно решаемые спиновые модели и ассоциированные с ними дискретные классические системы на кубической решетке. Решения этих классических дискретных систем получены методами алгебраической геометрии и параметризованы компактными алгебраическими кривыми конечного рода. На основе этих результатов была получена параметризация больцмановских весов спиновой модели, удовлетворяющих модифицированному уравнению тетраэдров [16].

Построена нелокальная кварковая модель с конформным. Описаны сильные распады ρ -, a_1 -мезонов и электромагнитные формфакторы пиона [11].

Форма вклада высших твистов $h^N(x)/Q^2$ в спиновые протонную и нейтронную структурные функции $g_1^N(x, Q^2)$ определена модельно-независимым образом на основе анализа экспериментальных данных по g_1^N [12].

Исходя из правил сумм, использующих гипотезу кварк-адронной дуальности в резонансной области, получены соотношения для двухфотонных ширин легких и тяжелых скалярных и псевдоскалярных мезонов и предложена новая схема кварк-дикварк-глюонного конфигурационного смешивания для низлежащих скалярных мезонов [13].

Изучена природа анизотропии локального поля скоростей местных галактик (скорости менее 500 км/с, соответствующие расстоянию менее чем 8 Мпк), о которой недавно сообщалось. Предложен механизм образования галактик и их кластеров в центральном гравитационном поле. На примере простейшей модели показано, что галактики и их кластеры должны иметь периодическую структуру, которая может быть связана с крупномасштабной структурой Вселенной [14].

Предложен новый алгебраический подход (который использует методы квантовой интегрируемости) к аналитическому вычислению пертурбативных интегралов для многопетлевых фейнмановских диаграмм. Было показано, что вычисление важного класса лестничных пертурбативных интегралов сводится к нахождению функции Грина для конформной квантовой механики [17].

Исследована модель струнных бит в рамках pp -волновой дуальности Янга–Миллса. Была показана несостоятельность модели струнных бит вследствие дублирования спектра в фермионном секторе модели. Предложена возможность обойти данную трудность [18].

Продолжено изучение нового класса специальных функций математической физики, предложенного ранее. Построена общая теория интегралов гипергеометрического типа, связанных с тета-функциями Якоби. Определен тета-аналог функции Мейера одной переменной. Сконструированы новые многократные эллиптические бета-интегралы, связанные с корневыми системами A_n и C_n . Изучены основные свойства эллиптических биортогональных функций, аналогичных полиномам Аски–Вильсона в теории ортогональных полиномов [19].

Рассмотрена черн-саймоновская механика частицы на грасман-нечетном многообразии $SU(n|1)/U(n)$. Предложено новое квантование этой модели, при котором состояния с ненулевой нормой преобразуются по представлениям супергруппы $SU(n|1)$. Для $n = 2$ волновая функция может быть интерпретирована как БРСТ-суперполе [20].

Предложен новый механизм редукции для построения n -частичных одномерных (супер)конформных моделей с парным взаимодействием. Этот механизм использован для вывода $N = 4$ суперконформного расширения комплексификации модели Калоджеро и $D(2, 1|\alpha)$ -инвариантной n -частичной системы [21].

Показано, что квантование суперчастицы, распространяющейся в $N = 1$, $D = 4$ суперпространстве, расширенном тензорными координатами, приводит к бесконечному набору безмассовых спиновых состояний, удовлетворяющих развернутым уравнениям Васильева для свободных полей высших спинов в плоском и AdS_4 $N = 1$ суперпространствах. Модель обладает явной инвариантностью относительно суперконформной симметрии $OSp(N|8)$ ($N = 1, 2$) [22].

Описаны бигамильтонова структура и Лаксова формулировка со спектральным параметром для обобщенной фермионной иерархии Тоды, а также ее бозонные и фермионные симметрии для различных (включая периодические) граничных условий. Исследованы две ее редукции — $N = 4$ и $N = 2$ суперсимметричные иерархии Тоды — в различных базисах (включая канонический). Обсуждены ее r -матричное описание, матрица монодромии и спектральные кривые [23].

Как известно, в силу теорем запрета не существует нетривиальных решений с конечным действием для абелевых уравнений Зайберга–Виттена в евклидовом четырехмерном пространстве R^4 . Показано, что для некоммутативной версии этих уравнений такое утверждение неверно, т.е. на некоммутативной деформации R_θ^4 пространства R^4 существуют гладкие решения уравнений Зайберга–Виттена, имеющие ненулевой топологический заряд. Введены функционалы действия для некоммутативных уравнений Зайберга–Виттена, и построены точные регулярные решения. Полученные решения были интерпретированы как вихреподобные солитоны ко-размерности 4, представляющие $D(p - 4)$ - и анти- $D(p - 4)$ -браны в системе Dp -анти- Dp -бран теории суперструн типа II [24].

Предложен вывод энтропии черной дыры в моделях индуцированной гравитации, который опирается на конформные свойства конститuentов индуцированной гравитации вблизи горизонта. Вначале с помощью размерной редукции 4-мерное действие представляется в виде суммы действий, каждое из которых отвечает 2-мерной теории гравитации, индуцированной полями с определенным

импульсом p вдоль горизонта. Затем приводятся аргументы в пользу того, что вблизи горизонта конститuentы каждой полученной таким способом 2-мерной гравитации описываются конформной теорией поля (CFT) с определенным центральным зарядом, зависящим от спина и неминимальных связей, и с определенной корреляционной длиной, зависящей от массы полей и импульса p . Это наблюдение позволяет использовать методы CFT, чтобы подсчитать парциальные энтропии $s(p)$ в каждом 2-мерном секторе. При этом сумма парциальных энтропий правильно воспроизводит энтропию Бекенштейна–Хокинга в 4-мерной индуцированной гравитации. Данные результаты говорят в пользу того, что недавние попытки вывести энтропию черной дыры, используя конформные свойства теории вблизи горизонта, могут иметь микроскопическую реализацию [25].

Был разработан последовательный метод построения интегральных уравнений, определяющих тепловое ядро в случае составных сред (материальные характеристики таких сред изменяются скачком при пересечении разделяющей их границы). Метод существенно базируется на использовании тепловых потенциалов, являющихся для уравнения теплопроводности аналогом ньютоновских потенциалов, широко применяемых в теории уравнения Лапласа. При рассмотрении составных сред главная часть дифференциального оператора, задающего динамику квантовых полей, не является гладкой. Поэтому традиционные методы построения теплового ядра и исследования его свойств в этом случае неприменимы. Предложенный подход — фактически единственный эффективный метод в данной области исследования [26].

Полученные ранее результаты исследования моделей релятивистских частиц, описываемых лагранжианами с высшими производными, нашли прямое применение при изучении статистических свойств полимеров и белков. В частности, удалось однозначно построить функционал эффективной свободной энергии для спиральных молекул белков исходя из самых общих свойств белковых цепей. В данном случае была решена обратная вариационная задача, а именно по известной типичной форме таких молекул (спирали или винтовые линии в 3-мерном пространстве) удалось восстановить соответствующий функционал эффективной свободной энергии, экстремумы которого как раз и дают такие спирали [27].

Установлено преобразование дуальности на сфере S_1 в одномерной квантовой механике. Показано, что комплексное преобразование $S_{1C} \rightarrow S_1$ обобщает известное преобразование Гурвица в 1-мерном евклидовом пространстве. Как и в случае плоского пространства, это преобразование устанавливает дуальность между задачами Кулона и Калоджеро–Мозера [28].

Получены функции распределения Вигнера для гамильтоновых систем на сфере S_n . Существенным при этом было использование функций Шермана–

Волобуева, которые, как и плоские волны, образуют полную систему решений уравнения Лапласа–Бельтрами для этого пространства [29].

ТЕОРИЯ АТОМНОГО ЯДРА И ДРУГИХ КОНЕЧНЫХ СИСТЕМ

Исследования по теме «Теория атомного ядра и других конечных систем» в 2003 г. велись в рамках четырех проектов:

- «Ядерная структура в экстремальных условиях»;
- «Динамика и структурные эффекты в ядерных и мезоскопических системах»;
- «Физика малочастичных систем»;
- «Релятивистская ядерная динамика».

В исследованиях по *теории структуры ядра* получены следующие основные результаты.

В качестве остаточного взаимодействия в канале частица–дырка, позволяющего проводить расчеты ядерной структуры в очень большом конфигурационном пространстве, было предложено использовать сепарабельное взаимодействие конечного ранга, основанное на взаимодействии Скирма. Подход усовершенствован за счет включения эффектов парных корреляций и взаимодействия одно- и двух-фононных конфигураций. Рассчитаны энергии и вероятности возбуждения 2^+ - и 3^- -уровней в нейтроноизбыточных изотопах олова. Получено неплохое согласие с экспериментом [30]. Обнаружено, что парные корреляции и вихревые токи одинаково изменяют моменты инерции ядер. Это подтверждает сравнение результатов микроскопических расчетов, выполненных методом Хартри–Фока–Боголюбова и методом Хартри–Фока (т.е. без учета спаривания) с дополнительным условием, что среднее значение циркуляции Кельвина то же, что и в первом варианте. В обоих вариантах получились одинаковые результаты для моментов инерции, угловых скоростей и распределения токов. Расчеты проводились для ядер из разных областей массового числа, различных режимов спаривания и разных значений спинов [31]. Энергии уровней и вероятности электромагнитных переходов, в том числе и на полосу основного состояния, супердеформированной полосы ядра ^{60}Zn исследованы в модели двойной ядерной системы, представляющей собой одну из разновидностей кластерной модели. В качестве одной из переменных гамильтониан модели включал массовую асимметрию двух кластеров, составляющих ядро. Показано, что состояния супердеформированной полосы описываются главным образом конфигурацией с кластером Be , в то время как состояния основной

полосы содержат значительный вклад α -кластерной компоненты [32]. С помощью формализма мацубаровских функций Грина построена самосогласованная версия теплового приближения случайной фазы (СТПСФ). В рамках нового приближения исследована многоуровневая модель со спариванием. Рассчитаны температурные зависимости корреляционной энергии, энергии возбуждения, удельной теплоемкости и плотности уровней. Расчеты в рамках СТПСФ очень хорошо согласуются с точными результатами. Рассчитанная последовательным образом одночастичная функция Грина модели позволила впервые проследить температурную эволюцию плотности одночастичных состояний [33]. Исследовано влияние ядерной деформации на импульсное распределение для глубоких дырочных уровней в ^{238}U . Сравнивались расчеты с феноменологическим потенциалом Вудса–Саксона и хартри-фоковским средним полем, отвечающим эффективному взаимодействию Скирма SkM . Показано, что в экспериментах по выбиванию нуклона с глубоких дырочных оболочек можно выделить вклад состояний с $K^\pi = 1/2^+$ и большой компонентой $\ell = 0$. Такие данные дадут надежные сведения о среднем ядерном потенциале вдали от уровня Ферми [34].

Кроме того, новые результаты были получены в исследованиях *ядро-ядерных взаимодействий*.

Сечение образования и функции возбуждения нейтронодефицитных ядер проанализированы в рамках модели двойной ядерной системы. Обнаружено, что низкоэнергетические хвосты функций возбуждения в испарительных каналах $b_n + 7n$, $p3n$ и $\alpha 4n + \alpha 4n$ чувствительны к загрязнению мишени другими изотопами или близкими по массовому числу ядрами. Предложено несколько вариантов реакций, в которых с заметной вероятностью образуются изотопы Ва с большим дефицитом нейтронов, подходящие для изучения кластерного распада [35]. Исследована роль композиции входного канала в реакциях слияния-деления $^{86}\text{Kr} + ^{130}\text{Xe}$ и $^{124}\text{Sn} + ^{92}\text{Zr}$, идущих с образованием одного и того же составного ядра $^{216}\text{Th}^*$. При приблизительно одинаковой энергии возбуждения сечение образования испарительного остатка для второй из указанных реакций оказывается в 4 раза больше, чем для первой, которую отличает большая массовая асимметрия. Расчеты, в

которых была учтена оболочечная структура сталкивающихся ядер, показали, что парциальное сечение слияния также больше для реакции $^{124}\text{Sn} + ^{92}\text{Zr}$, поскольку для нее ниже внутренний барьер [36].

Разнообразные задачи были рассмотрены в рамках проекта «Физика малочастичных систем», и получены следующие результаты.

Исследовано уравнение Шредингера для 6 переменных, описывающее трехчастичную систему с двухчастичными центральными потенциалами более общего вида, чем кулоновский. Регулярные решения этого уравнения (как общее, так и частные) представлены в виде бесконечных асимптотических разложений по целым степеням расстояния между двумя частицами и искомым функций других трехчастичных переменных. В угловом базисе, образованном сферическими и бисферическими гармониками или симметризованными D -функциями Вигнера, построение этих функций сведено к решению простых рекуррентных алгебраических уравнений. Для проекций физических решений на угловые базисные функции сформулированы граничные условия в точке двухтельного столкновения [37].

Получено новое представление решения операторного уравнения Сильверста в виде интеграла от оператора Стилтгеса. Найдено также достаточное условие для разрешимости в сильном смысле операторного уравнения Риккати. Эти условия одновременно гарантируют существование подпространств редуцируемых графов для блочных операторных матриц. Концепция функции спектрального сдвига Лифшица–Крейна, связанной с парой самосопряженных операторов, расширена на случай пар допустимых операторов, которые подобны самосопряженным. Основанная на этой новой концепции функция спектрального сдвига, возникающая в задаче о возмущении для гамильтонианов с матрицами, имеющими блочную форму, выражена через угловые операторы, связанные с соответствующими пространствами возмущенных и невозмущенных собственных состояний [38].

В рамках динамической модели связанных каналов проведен самосогласованный анализ рассеяния и фоторождения пионов. Результаты анализа указывают на существование третьего и четвертого S_{11} -резонансов с массами (1803 ± 7) и (2117 ± 64) МэВ. Это согласуется с недавними предсказаниями моделей составляющих кварков. Для процесса фоторождения пиона обнаружен большой отрицательный фон в мнимую часть S -волнового мультиполя. Вследствие этого, чтобы объяснить результаты недавнего мультипольного анализа, требуется гораздо больший резонансный вклад. В частности, для первого резонанса $S_{11}(1535)$ получено следующее значение «одетой» электромагнитной амплитуды спиральности: $A_{1/2} = (72 \pm 2) \cdot 10^{-3} \text{ ГэВ}^{-1/2}$ [39]. Численно исследовано когерентное фоторождение η -мезонов

на трехнуклонных ядрах вблизи порога. Для ядерного гамильтониана использовалось приближение конечного ранга. Волновые функции мишени рассчитаны решением уравнений типа уравнений Фаддеева с NN -потенциалом Малфлейта–Тьона. Результаты указывают на сильное взаимодействие η -мезона с остаточным ядром в конечном состоянии [40].

Перечислим основные результаты проекта «Релятивистская ядерная динамика».

Построена модель и создана программа для расчетов на ЭВМ для изучения фоторождения ϕ -мезонов. В амплитуде дифракционного фоторождения ϕ -мезона доминирует процесс обмена мероном. Она содержит члены, управляющие спин-спиновым и спин-орбитальным взаимодействиями. Показано, что эти члены ответственны за переходы с переворотом спина для передних углов фоторождения и проявляются в угловых распределениях распадов $\phi \rightarrow K^+K^-$ в реакциях с пучками как неполяризованных, так и поляризованных фотонов. При больших переданных импульсах основной вклад в фоторождение ϕ -мезона дают возбуждения нуклонных резонансов [41].

Проанализированы эффекты взаимодействия в конечном состоянии (ВКС) в полужестком глубоководном рассеянии электронов на дейтроне. Определены кинематические области, где ВКС минимально, так что можно исследовать распределение кварков в связанных нуклонах. Выявлена и другая область, где максимально взаимодействие вновь рожденных адронов с нуклоном-наблюдателем, что позволяет исследовать механизм адронизации сильно виртуальных кварков. Проведены расчеты с целью определения кинематических условий для экспериментов в JLab (коллаборация BONUS E03-012) и HERA (коллаборация HERMES) [42].

Дано реалистическое термодинамическое описание кварк-глюонного вещества, основанное на концепции квазичастиц. Разработан метод исследования экранирования струны в плотной среде несвязанных цветных зарядов. Предложенный метод позволяет получить интегрируемый эффективный парный потенциал, который можно использовать в подходе, основанном на среднем поле. Результат находится в разумном согласии с данными решеточных расчетов для термодинамики КХД [43].

Построено высокоэнергетическое приближение, предназначенное для микроскопических расчетов полных сечений ядро-ядерных столкновений с реалистическими распределениями ядерной плотности при промежуточных энергиях. В результате расчеты можно проводить без использования свободных параметров. Исследована роль эффектов среды. Сравнением расчетов с экспериментальными данными выявлена степень неопределенности теоретических результатов [44].

ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Исследования по теме «Теория конденсированных сред» были продолжены в рамках следующих проектов:

- «Сильно коррелированные системы»;
- «Динамические системы: хаос, интегрируемость и самоорганизация»;
- «Неупорядоченные структуры: стекла, топологические дефекты, наноструктуры и джозефсоновские переходы»;
- «Мезоскопические и когерентные явления в квантовых системах».

По проекту «*Сильно коррелированные системы*» получены следующие основные результаты.

Развита феноменологическая теория орбитальных фазовых переходов в соединении $R_{1-x}Ca_xMnO_3$ из класса манганитов. Показано, что наблюдавшиеся в недавних экспериментах по дифракции нейтронов две фазы суть различные орбитальные фазы, которые могут также сопровождаться фазовыми переходами, связанными с упорядочением зарядов [45].

Развита теория сверхобмена в диэлектрическом соединении, двойном перовските Sr_2FeWO_6 . Предложен эффективный спин-орбитальный гамильтониан для спинов ($S = 2$) и псевдоспинов ($\tau = 1$), описывающих ионы железа. Показано, что для реалистических параметров модели основным состоянием системы является антиферромагнитное в соответствии с наблюдаемым в эксперименте [46].

Метод функционала спектральной плотности использовался для вычисления электронного спектра систем с сильной корреляцией, где картина одночастичных возбуждений неприменима. С помощью этого метода рассмотрено несколько примеров систем вблизи перехода металл–изолятор, переходов со скачком объема и систем с локальными магнитными моментами [47].

В исследованиях по проекту «*Динамические системы: хаос, интегрируемость и самоорганизация*» впервые получено полное нестационарное решение основного кинетического уравнения для системы взаимодействующих частиц. Предложена новая форма анзаца Бете, которая позволяет найти решение для

асимметричного случайного процесса с исключенным объемом для произвольных времен и начальных условий [48].

При исследовании *неупорядоченных структур* получены следующие результаты.

В рамках инстантонного приближения в континуальном интеграле для спиновых когерентных состояний описано экспериментально обнаруженное туннелирование спина в молекулярном магните Fe_8 [49].

В рамках двумерной модели случайных джозефсоновских сетей предсказано появление ряда новых эффектов в гранулярных материалах, включая джозефсоновский хемомагнетизм (появление химически индуцированного магнитного момента в нулевом магнитном поле) и магнетоконцентрационный эффект (образование кислородных вакансий во внешнем магнитном поле) [50].

Построена теория топологических дефектов на поверхностях произвольной геометрии, и исследована электронная структура углеродных нанокристаллов, имеющих форму сферы (фуллеренов), конуса и гиперboloида. Рассчитана плотность электронных состояний вблизи дисклинаций для трех геометрий: сферы, конуса и гиперboloида. Обнаружено, что в случае наноконуса с углом раствора 60° формируется область с конечной плотностью состояний вблизи уровня Ферми [51].

Исследования по проекту «*Мезоскопические и когерентные явления в квантовых системах*» были сосредоточены на основных квантовых эффектах для конечных (мезоскопических) систем.

Определена общая мера квантовых корреляций, порождаемых произвольным оператором (статистическим оператором, оператором поля или оператором спина). Эта мера справедлива для любых систем, чистых или смешанных, состоящих из двух или большего числа подсистем, равновесных или неравновесных. На примере конденсации Бозе–Эйнштейна сверхпроводящих и магнитных переходов объясняется связь между возникновением квантовых корреляций и фазовыми переходами в статистических системах с использованием понятия операторных индексов порядка [52].

РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В 2003 г. стек сетевых коммутаторов расширен установкой дополнительных модулей Fast Ethernet и нового маршрутизирующего коммутатора, что по-

зволило завершить переход со старой, коаксиальной сети на новую, высокопроизводительную сеть на базе витой пары. Большинство ПК в ЛТФ подключены

к сети Fast Ethernet. Завершается перевод основных серверов на соединения по Gigabit Ethernet. Маршрутизирующие возможности нового коммутатора использованы для увеличения скорости обмена данными между сетью ЛТФ и опорной сетью ОИЯИ. В качестве нового базового сервера лаборатории приобретен двухпроцессорный компьютер на базе Pentium 4 Xeon 3 ГГц, 2 Гбайт DDR RAM, 170 Гбайт дискового пространства. Сервер имеет широкие воз-

можности для дальнейшего расширения объема оперативной и дисковой памяти. Для установки на рабочих местах приобретено 16 персональных компьютеров на базе Pentium 4. Создан новый WWW-ресурс: <http://thproxy.jinr.ru/diastp/>. Вниманию посетителей предлагаются видеозаписи и слайды лекций, прочитанных известными учеными на Дубненской международной школе по современной математической физике.

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

В 2003 г. лаборатория участвовала в организации 13 международных конференций, рабочих совещаний и школ, проходивших в Дубне, Ереване и Праге.

8–11 июня в Дубне проходила XII международная конференция «Избранные проблемы современной физики», посвященная 95-й годовщине со дня рождения выдающегося российского ученого, первого директора ОИЯИ Дмитрия Ивановича Блохинцева (1908–1979), внесшего существенный вклад в развитие целого ряда направлений современной физики, автора идеи создания импульсных исследовательских реакторов. Конференция открылась мемориальной сессией, посвященной памяти Д.И. Блохинцева. Своими воспоминаниями о Дмитрии Ивановиче поделились В. Г. Кадышевский, А. В. Зродников, А. А. Логунов, А. Н. Сисакян, Е. П. Шабалин. Дальнейшая работа конференции проходила по двум параллельным секциям: «Проблемы квантовой теории поля» и «Физические исследования на импульсных реакторах». Секция «Проблемы квантовой теории поля» явилась продолжением серии конференций по нелокальным, нелинейным и неренормируемым теориям поля, которые были организованы по инициативе Дмитрия Ивановича Блохинцева (первая конференция этой серии состоялась в Дубне в 1967 г.). На секции было заслушано 90 докладов по следующим темам: квантовая механика, квантовая теория поля, квантовая хромодинамика, физика адронов, гравитация и космология. В работе секции приняли участие 117 ученых из России, Германии, Грузии, Италии, Монголии, Польши, Румынии, Словакии, США, Узбекистана, Украины и Чехии.

С 24 по 29 июля в Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова проходило международное рабочее совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии» (SQS'03). Эти совещания проводятся каждые два года начиная с конца 1980-х гг. по инициативе профессора Виктора Исааковича Огиевского. Традиционно тематика совещаний охваты-

вает такие актуальные направления современной теоретической физики, как суперструны и супербраны, квантовые и геометрические аспекты суперсимметричных теорий, суперсимметричные интегрируемые модели, высшие спины, квантовые группы и некоммутативная геометрия, а также стандартная модель и ее суперсимметричные расширения. В этом году в совещании участвовало около 100 ученых из многих стран Восточной и Западной Европы. Характерной чертой SQS'03 было активное участие в нем нового поколения талантливых теоретиков. Это позволяет надеяться на хорошие перспективы этих совещаний. SQS'03 было особым: оно было посвящено 75-й годовщине со дня рождения основателя совещаний профессора В.И. Огиевского (1928–1996). В честь этого знаменательного события в Лаборатории теоретической физики состоялось открытие памятной доски В.И. Огиевскому. Памятная доска установлена около кабинета, в котором работал выдающийся ученый.

Со 2 по 6 сентября в Дубне, в профилактории Ратмино, проходила международная конференция «Структура ядра и связанные с ней вопросы». Конференция поддержала традицию, восходящую к 1960-м гг., когда Объединенный институт начал проводить международные конференции по избранным проблемам структуры ядра. В работе конференции приняли участие около 90 ученых из ОИЯИ, России, других стран-участниц Института, ряда стран Европы, а также США, Японии и Китая. Ее программа включала около 50 докладов, в которых главным образом были представлены результаты оригинальных работ. В настоящее время исследования по физике ядра сосредоточены на изучении свойств ядер, далеких от линии стабильности. Это обстоятельство во многом определило и программу конференции. Так, в теоретических докладах упор был сделан на микроскопические модели ядра с самосогласованием, позволяющие предсказывать свойства новых нуклидов более надежно. Оживленно обсу-

ждались проявления «кластерных» свойств тяжелых ядер и возможности их описания в различных подходах. Специальное заседание было посвящено приложениям ядерной физики к астрофизическим проблемам, в частности к нуклеосинтезу.

С 16 по 20 сентября в ЛТФ прошло очередное, 10-е Международное совещание по спиновой физике высоких энергий. Оно продолжило серию подобных совещаний, первое из которых состоялось в 1981 г. по инициативе выдающегося физика-теоретика Льва Иосифовича Лапидуса. С тех пор в каждом нечетном году такие совещания проводились в Дубне или Протвино: в четные годы проходят международные спиновые симпозиумы, и эти совещания давали возможность обсудить накопившиеся за год новости. Другой их важной особенностью всегда была возможность участия большого числа физиков из (бывшего) СССР. Как и прошлое, нынешнее совещание проводилось совместно с Польшей: сопредседателями были профессора А. В. Ефремов (Дубна) и Я. Насальски (Польша), в совещании участвовало также еще пять польских физиков, деятельность которых поддержана программой «Боголюбов–Инфельд». Вообще, совещание 2003 г. отличало большее, чем обычно, количество участников и стран, которые они представляли: Франция — 2, Армения — 1, США — 8, Италия — 1, Украина — 2, Япония — 4, Китай — 1, Германия — 6, Белоруссия — 3, Болгария — 1, Россия — 19. Как и всегда, участвовало много (около 50) физиков из ОИЯИ. Это стало возможным не в последнюю очередь благодаря поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Международного оргкомитета симпозиумов по спиновой физике, программы «Гейзенберг–Ландау» и в первый раз для таких совещаний — научной программы НАТО. Причиной возросшей популярности совещания стало, по-видимому, то, что 2003 г. принес много новых экспериментальных результатов, и еще больше ожидается в скором будущем.

С 2003 г. в ЛТФ начал действовать новый научно-образовательный проект «Дубненская международная школа современной теоретической физики» (DIAS-TH). Целью проекта является дальнейшее развитие и координация научно-образовательного обеспечения ОИЯИ, участие в международных научно-образовательных проектах, а также организация регулярных школ и рабочих совещаний по приоритетной тематике ОИЯИ для школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых из государств-членов ОИЯИ и других стран. На 95-й сессии Ученого совета ОИЯИ проект был утвержден в качестве новой темы первого приоритета. В 2003 г. в рамках проекта DIAS-TH успешно прошли следующие международные рабочие совещания и школы: Зимняя школа по теоретической физике (27 января – 9 февраля), VII рабочее совещание «Теория нуклеации и ее приложения» (4–28 апреля), рабо-

чее совещание и школа «Вычисления для современных и будущих коллайдеров» (13–22 июня), Летняя школа по современной математической физике (11–22 июля), летняя школа DAAD «Трафик и экономфизика» (28 июля – 17 августа). Успешная реализация проекта DIAS-TH стала возможной благодаря финансовой поддержке DAAD, ВМБФ, РФФИ, программ «Гейзенберг–Ландау», «Боголюбов–Инфельд», «Блохинцев–Вотруба» и ОИЯИ.

В 2003 г. лаборатория участвовала в организации традиционных конференций в странах-участницах ОИЯИ: «Квантовые группы и интегрируемые системы» (12–14 июня, Прага), «Методы симметрии в физике» (13–19 августа, Ереван).

Международное сотрудничество ЛТФ в 2003 г. было поддержано грантами полномочных представителей правительств Болгарии, Венгрии, Словакии, Польши, Румынии, Чехии, а также дирекцией ОИЯИ. Сотрудничество с теоретиками Германии проходило при поддержке программы «Гейзенберг–Ландау», с теоретиками Польши — программы «Боголюбов–Инфельд», а с теоретиками Чехии — программы «Блохинцев–Вотруба». Подготовлены соглашения о сотрудничестве в области теоретической физики с учеными Болгарии и Румынии.

Ряд исследований был выполнен совместно с зарубежными физиками в рамках соглашений ОИЯИ–INFN, ОИЯИ–IN2P3 и по проектам, поддержанным грантами INTAS, РФФИ–DFG, РФФИ–CNRS.

Продолжают действовать соглашения о сотрудничестве с теоретическим отделом ЦЕРН и МЦТФ (Триест).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kotikov A. V., Lipatov L. N., Velizhanin V. N. // Phys. Lett. B. 2003. V. 557. P. 114–120.
2. Кураев Э., Галынский М., Ильичев А. // Письма в ЖЭТФ. 2003. Т. 77. С. 256–259.
3. Bartos E., Kuraev E. A., Dubnicka S. // Phys. Rev. Lett. (submitted); hep-ph/0303194.
4. Sissakian A., Shevchenko O., Ivanov O. // Phys. Rev. D. 2003. V. 68. P. 031502(R).
5. Efremov A. V., Goetze K., Schweitzer P. hep-ph/0309209; Eur. Phys. J. 2003 (in press).
6. Ширков Д. В. // ТМФ. 2003. Т. 136. С. 409–423; JINR Preprint E2-2003-1. Dubna, 2003; hep-ph/0210113.
7. Anikin I. V., Pire B., Teryaev O. V. hep-ph/0307059; Phys. Rev. D (in press).
8. Efimov G. V. hep-ph/0304194; Few Body Systems (in press).
9. Ivanov M. A., Korner J. G., Pakhomova O. N. // Phys. Lett. B. 2003. V. 555. P. 189.
10. Kochelev N. I. // Ibid. V. 565. P. 131; Dorokhov A. E., Cherednikov I. O. // Phys. Rev. D. 2003. V. 65. P. 114017.
11. Radzhabov A. E., Volkov M. K. hep-ph/0305272; Eur. Phys. J. A. 2004. V. 19 (in press).

12. *Leader E., Sidorov A. V., Stamenov D. B.* // Phys. Rev. D. 2003. V. 67. P. 074017.
13. *Gerasimov S. B.* hep-ph/0311080; Nucl. Phys. C. 2003 (in press).
14. *Барбаилов Б. М. и др.* // ТМФ (принято к печати); *Biernacka M. et al.* // Part. Nucl., Lett. 2004. V. 1, No. 2(119). P. 64–71; astro-ph/0206114.
15. *Isaev A. P., Sergeev S. M.* // Lett. Math. Phys. 2003. V. 64. P. 57–64.
16. *Пакуляк С. З., Сергеев С. М.* // ТМФ. 2003. Т. 136. С. 30–51.
17. *Isaev A. P.* // Nucl. Phys. B. 2003. V. 662. P. 461–475.
18. *Bellucci S., Sochichiu C.* // Phys. Lett. B. 2003. V. 564. P. 115; Phys. Lett. B. 2003. V. 571. P. 92.
19. *Спиридонов В. П.* // Алгебра и анализ. 2003. Т. 15(6). С. 161–215.
20. *Ivanov E. et al.* // Phys. Lett. B. 2003. V. 566. P. 175.
21. *Bellucci S., Galajinsky A., Krivonos S.* // Phys. Rev. D. 2003. V. 68. P. 064010.
22. *Plyushchay M., Sorokin D., Tsulaia M.* // JHEP. 2003. V. 0304. P. 013.
23. *Gribanov V. V., Kadyshevsky V. G., Sorin A. S.* nlin.SI/0311030.
24. *Popov A. D., Sergeev A. G., Wolf M.* // J. Math. Phys. 2003. V. 44. P. 4527–4554.
25. *Frolov V., Fursaev D., Zelnikov A.* // JHEP. 2003. V. 0303. P. 038.
26. *Nesterenko V. V., Pirozhenko I. G., Dittrich J.* // Class. Quant. Grav. 2003. V. 20. P. 431–455.
27. *Feoli A., Nesterenko V. V., Scarpetta G.* cond-mat/0211415; Nucl. Phys. B (submitted).
28. *Мардоян Л. Г., Погосян Г. С., Сисакян А. Н.* // ТМФ. 2003. Т. 135(3). С. 808–813.
29. *Alonso M. A., Pogosyan G. S., Wolf K. B.* // J. Math. Phys. 2003. V. 44(4). P. 1472–1489.
30. *Severyukhin A. P. et al.* // Nucl. Phys. A. 2003. V. 722. P. 123c.
31. *Lafichiev H. et al.* // Phys. Rev. C. 2003. V. 67. P. 014307.
32. *Adamian G. G. et al.* // Ibid. P. 054303.
33. *Storozhenko A. et al.* // Ann. Phys. 2003. V. 307. P. 308.
34. *Nesterenko V. O. et al.* // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 2003. V. 29. P. L37.
35. *Zubov A. S. et al.* // Phys. Rev. C. 2003. V. 68. P. 014616.
36. *Fazio G. et al.* // J. Phys. Soc. Japan. 2003. V. 72. P. 2509.
37. *Пуньшиев В. В.* // ТМФ. 2003. Т. 136. С. 970.
38. *Albeverio S., Makarov K. A., Motovilov A. K.* // Can. J. Math. 2003. V. 55. P. 449.
39. *Chen G.-Y. et al.* // Nucl. Phys. A. 2003. V. 723. P. 447.
40. *Shevchenko N. V. et al.* // Nucl. Phys. A. 2003. V. 714. P. 277.
41. *Titov A., Lee T.-S. H.* // Phys. Rev. C. 2003. V. 67. P. 065201.
42. *Ciofi degli Atti C., Kaptari L. P., Kopeliovich B. Z.* nucl-th/0307052.
43. *Биро Т. С., Шаненко А. А., Тонеев В. Д.* // ЯФ. 2003. Т. 66. С. 982.
44. *Лукьянов В. К. и др.* // Изв. РАН. Сер. физ. 2003. Т. 67. С. 55.
45. *Шахматов В. С., Плакида Н. М., Тончев Н.* // Письма в ЖЭТФ. 2003. Т. 77. С. 24–28.
46. *Di Matteo S., Jackeli G., Perkins N. B.* // Phys. Rev. B. 2003. V. 67. P. 184427.
47. *Kotliar G. et al.* // Rev. Mod. Phys. 2003 (in press).
48. *Prietzhev V. B.* // Phys. Rev. Lett. 2003. V. 91. P. 050601.
49. *Garg A. et al.* // J. Math. Phys. 2003. V. 44. P. 48.
50. *Сергеевков С.* // Письма в ЖЭТФ. 2003. Т. 77. С. 99.
51. *Осипов В. А., Кочетов Е. А., Пудлак М.* // ЖЭТФ. 2003. Т. 123. С. 140.
52. *Yukalov V. I.* // Phys. Rev. Lett. 2003. V. 90. P. 167905; Phys. Rev. A. 2003. V. 68. P. 022109.