



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМ. Н. Н. БОГОЛЮБОВА

В 2013 г. в лаборатории проводились исследования по четырем темам: «Теория элементарных частиц», «Современная математическая физика: гравитация, суперсимметрия», «Структура и динамика атомных ядер», «Теория конденсированных сред и новые материалы». Важной составляющей в деятельности лаборатории является теоретическая поддержка экспериментальных исследований в ОИЯИ и в других научных центрах с участием ОИЯИ. По результатам проведенных исследований опубликовано более 400 статей в рецензируемых журналах и трудах конференций. Ряд работ был выполнен в сотрудничестве с учеными из стран-участниц ОИЯИ, Бразилии, Германии, Египта, Италии, Китая, Сербии, Франции и других стран. Лаборатория стала площадкой для проведения международных конференций, семинаров, школ для молодых ученых в различных областях теоретической физики. В 2013 г. более 900 ученых приняли участие в 13 международных конференциях, семинарах и школах, организованных ЛТФ. Международное сотрудничество лаборатории в 2013 г. было поддержано грантами полномочных представителей Болгарии, Чехии, Польши, Словакии, Венгрии, Румынии, дирекции ОИЯИ. Сотрудничество с теоретиками ряда стран проходило при поддержке специальных программ: «Гейзенберг–Ландау» (Германия), «Сморodinский–Тер-Мартиросян» (Арме-

ния), «Боголюбов–Инфельд» (Польша), «Блохинцев–Вотруба» (Чехия), «Цицейка–Марков» (Румыния). Ряд исследований был выполнен в рамках международных соглашений ОИЯИ–INFN (с Италией), ОИЯИ–IN2P3 (с Францией) и по проектам, поддержанным грантами РФФИ–CNSF, РФФИ–DFG, РФФИ–CNRS. Продолжает действовать соглашение о сотрудничестве с теоретическим отделом ЦЕРН, Азиатско-Тихоокеанским центром теоретической физики (Республика Корея), Институтом теоретической физики АН КНР. Особое внимание уделялось привлечению к работе молодых исследователей, студентов и аспирантов в рамках научно-образовательного проекта «Дубненская международная школа по теоретической физике» (DIAS-TH). Более 80 аспирантов и молодых ученых участвовали в школах, организованных DIAS-TH. Лаборатория играет роль учебного центра для молодых ученых и студентов из многих стран. В настоящее время треть научных кадров ЛТФ составляют молодые ученые и аспиранты. Помимо основной программы сотрудничества в лаборатории на долгосрочной основе работают несколько молодых исследователей из стран, не являющихся странами-участницами ОИЯИ: Аргентина, Китайская Народная Республика, Индия, Япония, Мексика, Таджикистан и Турция.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теория элементарных частиц

В 2013 г. работа проводилась в рамках следующих проектов:

- Стандартная модель и ее расширения;
- КХД-партоновые распределения для современных и будущих коллайдеров;
- физика тяжелых и экзотических адронов;

- смешанная фаза в столкновениях тяжелых ионов.

В теории Янга–Миллса с $N = (1,1)$ суперсимметрией в размерности $D = 6$ в формализме суперпространства на массовой поверхности и спиральных спинов изучены амплитуды рассеяния на массовой поверхности. Использование этого формализма по-

зволяет очень просто произвести редукцию амплитуд к набору скалярных мастер-интегралов с известными коэффициентами. Вычислена четырехточечная амплитуда в одно- и двухпетлевом приближении. Все интегралы УФ и ИК конечны и могут быть выражены исключительно в терминах логарифмов и полилогарифмов трансцендентальности 2 в одной петле, и 4 и 3 — в двух петлях. Исследована лидирующая логарифмическая асимптотика, которая имеет реджевский вид. На основе суммирования всех порядков ТВ получено точное выражение для интереспта в планарном пределе [1].

Разработан новый формализм для вычислений пертурбативных и непертурбативных вкладов КХД в эволюцию средних множественностей в глюонных и кварковых струях. Новый метод использует последние достижения, полученные при пересуммировании больших логарифмических вкладов (так называемых двойных логарифмов) при малых значениях переменной x во времени подобной области, в схеме факторизации \overline{MS} . Выражения для средних множественностей зависят от двух непертурбативных параметров, имеющих четкую и простую физическую интерпретацию. Эти непертурбативные параметры найдены из глобального фита всех имеющихся экспериментальных данных для средних множественностей в глюонных и кварковых струях. Хорошее согласие теоретических предсказаний с экспериментом позволяет использовать эти данные как новую возможность для извлечения константы сильной связи. Было получено значение $\alpha_s(M_Z) = 0,1199 \pm 0,0026$ в схеме \overline{MS} для 5 активных кварков в приближении первых трех порядков теории возмущений при учете пересуммирования первых трех двойных логарифмов [2].

В серии работ [3] были получены трехпетлевые бета-функции для полного набора фундаментальных параметров Стандартной модели (СМ). Найденные результаты позволили проанализировать поведение СМ в области планковских энергий и стимулировали исследования, связанные с проблемой стабильности электрослабого вакуума. Кроме того, бета-функции для калибровочных констант и параметров потенциала поля Хиггса обобщены на случай матричных юкавских констант.

Впервые проведен КХД-анализ правила сумм Бьеркена в области малых передач импульса $Q = 0,22 - 1,73$ ГэВ на четырехпетлевом уровне в рамках обычной теории возмущений и аналитической теории возмущений (АТВ), в которой отсутствуют нефизические сингулярности. Показано, что использование АТВ уже на двухпетлевом уровне позволяет получить хорошее описание низкоэнергетических данных JLab до масштаба $Q \sim 300$ МэВ и извлечь стабильные значения высших твистов [4].

Предложена процедура регуляризации для инвариантов кривизны на многообразиях с коническими сингулярностями. Процедура позволила получить вы-

ражение для энтропии перепутывания для поверхностей перепутывания с ненулевой внешней кривизной. Исследован случай инвариантов, представленных квадратичными по кривизне Римана полиномами в различном числе измерений, найдена энтропия перепутывания. Результат является обобщением хорошо известных вычислений логарифмических членов энтропии перепутывания в 4-мерной конформной теории поля [5].

Редкие распады тяжелых адронов, содержащих b -кварк, привлекают все более пристальное внимание в связи с поисками эффектов новой физики на ЛНС. В цикле работ [6,7] был выполнен систематический анализ редких распадов λ_b -бариона. В рамках ковариантной модели кварков, развиваемой в Дубне, были вычислены всевозможные формфакторы, характеризующие переходы b -кварка в s -кварки во всей кинематической области квадрата переданного импульса. С их помощью вычислены дифференциальные распределения, параметры асимметрий и ширины редких и нелептонных распадов. На основе модельно-независимого метода спиральных амплитуд выведена формула для трехмерного углового распределения в каскадном распаде $\lambda_b \rightarrow \lambda(\rightarrow p\pi) + J/\psi(\rightarrow l^+l^-)$. Она используется экспериментаторами при анализе угловых распределений в редких распадах λ_b -бариона.

Вычислен полный вклад поправок порядка $m\alpha^7$ и частично вклад ведущих поправок порядка $m\alpha^8$ в энергии ρ -вибрационных переходов в молекулярных ионах водорода H_2^+ и HD^+ , а также атомах антипротонного гелия [8]. Это позволяет определять массу электрона и отношение масс электрона к (анти)протону с относительной погрешностью $(1-0,8) \cdot 10^{-10}$. Для сравнения: рекомендуемое CODATA значение атомной массы электрона имеет относительную погрешность $4,1 \cdot 10^{-10}$.

Изучены границы применимости подхода, описывающего нейтринные флейворные переходы в рамках квантовой теории поля с ковариантными волновыми пакетами в качестве in- и out-состояний. Подход использует теорему Гримуса–Стокингера (ГС), задающую асимптотику обобщенного нейтринного пропагатора на больших расстояниях от источника. Сформулирована и доказана обобщенная теорема ГС. Показано, что предасимптотические поправки могут приводить к эффектам нарушения классического закона обратных квадратов (ЗОК), наблюдаемым на малых, но макроскопических расстояниях. Статистический анализ имеющихся реакторных данных свидетельствует о том, что нарушение ЗОК может полностью или частично объяснить реакторную аномалию, наблюдаемую в экспериментах с короткой базой [9].

Были исследованы переходные формфакторы псевдоскалярных мезонов в рамках аномального правила сумм с учетом кварковых масс. Продолжение в псевдоевклидову область позволило установить соот-

ветствие между моделью векторной доминантности и аксиальной аномалией [10].

В рамках факторизационной модели проведен анализ эффектов «трансверсити» в рождении легких векторных мезонов. Показано, что обобщенные партонные распределения H_T и E_T , связанные с «трансверсити», чрезвычайно важны для описания элементов спиновой матрицы плотности и спиновых асимметрий в поперечно поляризованной мишени в процессах рождения ρ -мезонов. Полученные результаты согласуются с данными экспериментов HERMES и COMPASS [11].

В рамках КХД-анализа данных COMPASS и HERMES по множественностям рождения пионов и каонов получены новые параметризации функций фрагментации, вид которых может устранить противоречие в результатах анализа спиновых данных DIS и SIDIS [12].

Показано, что поправки к аномальному магнитному моменту мюона за счет рассеяния света на свете с учетом обменов легкими псевдоскалярными и скалярными мезонами и вклада петли динамических кварков не устраняют расхождение между данными по измерению аномального магнитного момента мюона и предсказаниями Стандартной модели [13].

Показано, что большой аномальный хромомгнитный момент кварков, индуцируемый сложной топологической структурой вакуума КХД, играет определяющую роль в различных реакциях при высоких энергиях и, в частности, такое взаимодействие должно приводить к большим спиновым эффектам в процессах с поляризованными адронами [14].

Правила сумм КХД на световом конусе для электромагнитного формфактора нуклона выведены с учетом следующих за лидирующими поправок операторов твиста 3 и 4 и самосогласованного вычисления нуклонных массовых поправок [15].

Динамика полей, генерируемых конфигурациями релятивистских частиц с абелевыми и неабелевыми (для группы $SU(2)$) зарядами, проанализирована в классическом пределе. Хотя хромодинамические (неабелевы) системы показывают в целом поведение, аналогичное электродинамике, в неабелевом случае дополнительные вклады в хромозлектрическое и хромомгнитное поля ведут к возникновению своего рода «свечения цветового заряда», проявляющегося в особых возмущениях волн цветового заряда [16].

В рамках КХД на решетке было показано, что крупномасштабные топологические глюонные конфигурации доминируют в статистическом ансамбле глюонных флуктуаций при температуре фазового перехода деконфайнмента в глюодинамике и кроссовера в полной КХД и соответствующее изменение топологической восприимчивости КХД может служить индикатором самого фазового перехода [17].

Современная математическая физика

Исследования по теме были сосредоточены на следующих направлениях:

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

R -матрица, действующая на тензорном произведении двух спинорных представлений алгебры Ли $so(d)$, была тщательно изучена. Доказано соотношение Янга–Бакстера, и выведено соответствующее локальное уравнение Янга–Бакстера [18].

Разработан метод поиска интегралов движения в системах дилатонной гравитации; найдены дополнительные интегралы движения, и изучены статические/космологические решения в аффинной гравитации. Исследована реализуемость космологической инфляции с однородным изотропным анзацем поля Янга–Миллса $SU(2)$ в различных моделях [19].

Изучена связь между двумя теориями модифицированной гравитации второго порядка — гравитацией Галилеона (скалярно-тензорная теория с неминимальной связью) и гравитацией с кручением. Методом конформного преобразования из действия для гравитации Галилеона было получено вспомогательное действие, которое может быть ковариантно обобщено только в теориях гравитации с кручением. Попутно также был получен новый феноменологический лагранжиан, который может быть использован для космологических приложений и для построения новых теорий гравитации второго порядка [20].

Построен ряд интегрируемых односкалярных пространственно-плоских космологических моделей, которые играют значимую роль в инфляционных сценариях. В ряде случаев исследовано их поведение и извлечены общие выводы для подобных систем, потенциалы которых содержат комбинации показательных функций, а также для аналогичных неинтегрируемых систем. Эти модели с необходимостью включают скалярное поле, возникающее из начальной сингулярности и восходящее вдоль достаточно крутого экспоненциального потенциала, и неотвратимый коллапс (Big Crunch), когда скалярное поле стремится к отрицательному экстремуму потенциала. Подробно рассмотрены связи между такими типами потенциалов и механизмом «бранного нарушения суперсимметрии», который связывает струнный масштаб с масштабом нарушения суперсимметрии в классе моделей ориентифолдов. При некоторых предположениях показано, что расширенные объекты в этих вакуумах могут индуцировать инфляционные фазы с дискретными значениями спектрального индекса, которые определяются числом разворачивающихся размерностей бран и обратной степенью входящей в действие константы взаимодействия струны. Пятибрана NS, которая нестабильна

в этом классе моделей, при наматывании на небольшой цикл может генерировать спектральный индекс, который очень близок к полученному PLANCK экспериментальному значению $n_s \sim 0,96$ [21].

Электромагнитная вакуумная энергия была рассмотрена в присутствии идеально проводящей плоскости и шара с диэлектрической проницаемостью ε и магнитной проницаемостью μ ($\mu \neq 1$). Казимировское отталкивание в такой системе обусловлено магнитной проницаемостью шара. В случае идеально магнитной сферы, $\mu \rightarrow \infty$, вакуумная энергия определена численно. Получены асимптотическое поведение силы отталкивания на малых и больших расстояниях, низкотемпературные поправки и предел высоких температур. Сформулированы ограничения на отталкивание в геометрии сфера–плоскость [22].

Предложен метод построения компонентных действий на массовой поверхности для теории с половинным частичным нарушением глобальной суперсимметрии в подходе нелинейных реализаций. Общее рассмотрение проиллюстрировано примером компонентного действия $N = 1$ супермембраны в $D = 4$, построенного на основе предложенной процедуры [23].

Построен класс $D = 1$ сигма-моделей типа Веса–Зумино на фермионных однородных пространствах $SU(n|1)/U(n)$. Рассмотрены классическая и квантовая версии моделей. С помощью метрического оператора на гильбертовом пространстве квантовых состояний доказана унитарность квантовых моделей, так что норма всех состояний положительно определена. Показано, что квантовая $n = 2$ модель обладает скрытой $SU(2|2)$ симметрией [24].

Построена общая формулировка самодуальной $N = 1$ суперсимметричной абелевой калибровочной теории со вспомогательными киральными спинорными суперполями. Самодуальность оказывается эквивалентной $U(N)$ -инвариантности нелинейного взаимодействия вспомогательных суперполей. Рассмотрено несколько полезных примеров, и показано, как получать самодуальные $N = 1$ модели с высшими производными в этом подходе [25].

На основе подхода нелинейных реализаций предложен метод построения компонентных действий на массовой поверхности для суперсимметричных полей с половинным частичным нарушением глобальной суперсимметрии [26].

Исследованы соотношения между минимальной дилатонной гравитацией и $f(R)$ -теориями гравитации, представлены точные условия их глобальной эквивалентности [27].

В исследованиях квантовых интегрируемых моделей с $GL(3)$ тригонометрической R -матрицей доказано, что множество вложенных векторов Бете замкнуто относительно действия элементов матрицы монодромии [28].

Доказано существование псевдоторических структур на произвольном торическом симплектическом многообразии, и высказана гипотеза о том, что получаемые в результате монотонные экзотические лагранжевы торы гамильтоново неизотопны стандартным торам Лиувилля [29].

Структура и динамика атомных ядер

Работа велась в рамках четырех проектов:

- структурные особенности ядер, удаленных от линии стабильности;
- взаимодействия ядер и их свойства при низких энергиях возбуждения;
- экзотические малочастичные системы;
- ядерная структура и динамика при релятивистских энергиях.

Разработана схема частичного восстановления изоспиновой симметрии в рамках QRPA. Для этого перенормирующий параметр g_{pp} протон-нейтронного взаимодействия в канале частица–частица был разделен на изовекторную и изоскалярную части. Изовекторный параметр должен совпадать с известной по другим данным спаривательной константой g_{pair} . Далее, благодаря адекватному выбору изоскалярного параметра, обращается в 0 фермиевский матричный элемент для распада $0\nu\beta\beta$, чего ранее достичь не удавалось. Фермиевский матричный элемент безнейтринного двойного β -распада значительно уменьшается, но полный ядерный матричный элемент этого процесса уменьшается только на $\sim 10\%$ [30].

Предложена новая процедура построения фонового (RPA) вакуума, которая исправляет часть недостатков стандартного RPA-подхода. Именно, коэффициенты канонического преобразования, связывающие фононный вакуум с волновой функцией основного состояния ядра в квазичастичном приближении, предлагается определять посредством вариационной процедуры, минимизирующей энергию основного состояния. Новый метод не переоценивает энергию связи системы, как это свойственно методу RPA. На примере двухуровневой модели Липкина–Мешкова–Глика проведено сравнение стандартного RPA, расширенного RPA и нового подхода [31].

Изучено влияние взаимодействия между одной и двумя фононными членами в волновых функциях и эффекта тензорной силы на свойства состояний Гамова–Теллера [32]. Было обнаружено, что период полураспада через бета-распад уменьшается под влиянием этих эффектов. Вычисления хорошо согласуются с экспериментальными данными для $N = 50$ изотонов. Было сделано предсказание для периода полураспада ^{76}Fe , что имеет существенное значение для нуклеосинтеза в звездах.

В самосогласованном приближении случайной фазы с силами Скирма на примере ядра

^{208}Pb проанализирована природа низкоэнергетической силы $E1$ -переходов (другими словами — пигми-резонанса). Рассчитаны $E1$ -силовые функции для дипольного, компрессионного и тороидного операторов. Для более детального анализа вычислены усредненные переходные плотности и токи. Поведение последних ясно указывает на изоскалярный тороидальный характер потока для $E1$ -состояний в области энергий 6,0–8,8 МэВ и смешанный поток «изоскаляр/изовектор»–«тороид/сжатие» в области 8,8–10,5 МэВ. Таким образом, моды возбуждений в этой области энергий включают как вихревое, так и безвихревое движения. Картина простых колебаний нейтронного избытка относительно центрального остова ядра эти расчеты не подтверждает [33].

Предложена коллективная модель, позволяющая описывать киральные вращения и колебания. Модель использована для описания системы, состоящей из протона и нейтронной дырки на подболочках $h_{11/2}$, которые связаны с жестким неаксиальным ротатором. Подход выходит за рамки приближения среднего поля, включает квантовые флуктуации киральной степени свободы и восстанавливает киральную симметрию. Рассчитаны потенциальная энергия и массовые коэффициенты. Показано, что с ростом углового момента усиливается вырождение по энергии киральных партнеров [34].

Проанализирована изотопическая зависимость сечения полного слияния (захвата) в реакциях четных изотопов Хе с массовыми числами от 130 до 150 с ядрами ^{48}Ca . Впервые показано, что нейтронно-обогащенные ядра $^{186-191}\text{W}$ можно получить с относительно большими сечениями при помощи реакций полного слияния с радиоактивными пучками при энергии столкновения около кулоновского барьера. Сравнивались сечения реакций полного слияния и фрагментации при получении нейтронно-избыточных изотопов W, нейтронно-дефицитных изотопов Rn и сверхтяжелых ядер [35].

В рамках усовершенствованной модели «точки разрыва» рассчитаны массовые распределения для индуцированного деления четных изотопов Hg с массовыми числами от $A = 174$ до 196. С ростом массового числа делящегося изотопа форма массового распределения эволюционирует от симметричной для ^{174}Hg к асимметричной для изотопов, близких к ^{180}Hg , и снова к более симметричной у ядер $^{192,194,196}\text{Hg}$. Энергия возбуждения делящегося изотопа слабо влияет на форму массового распределения. Для изотопов $^{180,184}\text{Hg}$ массовые распределения фрагментов деления симметричны даже при больших энергиях возбуждения [36].

Развита концепция динамических адиабатических состояний, предложенная ранее для описания столкновений одноэлектронных атомов и ионов. Соответствующие динамические адиабатические потенциальные кривые исследованы для всего диапазона межъядерных расстояний R . Преимущество

динамического адиабатического базиса определяется его следующими тремя достоинствами. Во-первых, такой базис совместим с граничными условиями. Во-вторых, благодаря скрытым пересечениям переходы между вращательными состояниями преобразуются в радиальные переходы. В-третьих, процессы ионизации теперь могут быть описаны в базисе из дискретных ортогональных волновых пакетов, что в большей степени соответствует физике таких процессов [37].

Разработан непертурбативный подход для описания ультрахолодных анизотропных столкновений в квазиодномерной геометрии атомных ловушек, в котором устранены ограничения использованных ранее псевдопотенциальных моделей. Получены аналитические формулы, прекрасно согласующиеся с результатами численных расчетов *ab initio*, предсказывающие положение индуцированных конфайнментом дипольных резонансов (ИКДР). Полученные аналитически резонансные условия раскрывают детали взаимосвязи конфайнмента и анизотропии диполь-дипольных взаимодействий. Точные сведения о положении ИКДР открывают путь к экспериментальной реализации, например, экзотических фаз типа Тонкса–Жирардо или супер-Тонкса–Жирардо в эффективно одномерных дипольных газах [38].

Установлена новая, существенно более сильная оценка на поворот спектральных подпространств самосопряженного оператора под действием аддитивных возмущений общего вида. Доказательство этой оценки основывается на новой $\sin 2\theta$ -теореме, дающей локальную оценку на операторный угол между возмущенным и невозмущенным спектральными подпространствами. При доказательстве используется также неравенство треугольника для максимальных углов между произвольными подпространствами гильбертова пространства [39].

В рамках гибридной модели оптического потенциала (ОП) проанализированы упругое рассеяние и процесс развала при взаимодействии гало-ядра ^{11}Li с протонами. ОП модели состоит из реальной части, полученной однократной сверткой, и мнимой части, рассчитанной в высокоэнергичном приближении. При описании упругого рассеяния $^{11}\text{Li} + p$ была использована плотность распределения ρ вещества ядра ^{11}Li , вычисленная в рамках крупномасштабных расчетов по модели оболочек. Глубины реальной и мнимой частей ОП подгонялись по экспериментальным сечениям упругого рассеяния при энергиях 62, 68,4 и 75 МэВ/нуклон. Предсказаны значения полного сечения реакции. Кроме того, использовалась плотность ρ ядра ^{11}Li , рассчитанная в кластерной модели, где ядро ^{11}Li рассматривалось как остов ^9Li с двухнейтронным гало. Были вычислены сечение развала ^{11}Li при энергии 62 МэВ/нуклон и импульсные распределения фрагментов [40].

Исследовано рождение e^+e^- -пар в процессе взаимодействия фотона с очень коротким и мощным

поляризованным электромагнитным импульсом (например, лазерным) — обобщенный вариант процесса Брейта–Уилера. Показано, что вероятность рождения пар определяется игрой двух динамических эффектов. Первый эффект связан с формой и длительностью импульса, в то время как второй определяется нелинейной динамикой взаимодействия частиц e^{\pm} с сильным электромагнитным полем. Первый эффект наиболее ясно проявляется в режиме слабого поля, когда малая интенсивность поля компенсируется его быстрыми изменениями в ограниченной пространственно-временной области, что интенсифицирует события с участием нескольких фотонов и может усилить вероятность рождения пар на несколько порядков в сравнении с импульсом бесконечной протяженности. Нелинейная динамика многофотонного режима Брейта–Уилера играет решающую роль при больших интенсивностях поля. В промежуточной ситуации следует учитывать оба эффекта [41].

Теория конденсированных сред и новые материалы

Исследования по теме «Теория конденсированных сред и новые материалы» в 2013 г. продолжались в рамках следующих проектов:

- физические свойства комплексных материалов и наноструктур;
- математические проблемы многочастичных систем.

Сформулирована микроскопическая теория высокотемпературной сверхпроводимости в купратах в рамках обобщенной модели Хаббарда в режиме сильных корреляций ($U \gg t$). Показано, что основной вклад в d -волновое сверхпроводящее спаривание дает кинематическое спин-флуктуационное взаимодействие, в то время как межузельное кулоновское отталкивание и электрон-фононное взаимодействие малы [42].

Исследованы особенности нарушения симметрии, преобразования симметрии и связанные с ними физические эффекты в конечных квантовых системах. Показано, что в случае конечных систем с достаточно большим числом частиц переходы кроссовера становятся резкими, так что нарушение симметрии происходит подобно тому, что имеет место в макроскопических системах. Это относится, в частности, к нарушению глобальной калибровочной симметрии, связанному с конденсацией Бозе–Эйнштейна и со сверхпроводимостью, или к нарушению изотропии, связанному с возникновением квантовых вихрей и стратификацией в многокомпонентных смесях [43].

Детально проанализирована возможность возникновения собственного магнетизма в структурах на основе углерода и родственных материалах, в которых нет ионов переходных металлов, а электронная структура определяется s - и p -электронами. Эта

возможность очень широко обсуждалась на основе плохо воспроизводимых экспериментальных данных. На основе базовых принципов квантовой теории магнетизма показано, что предполагаемый «магнетизм» данных веществ не может быть обусловлен p -электронами. Наблюдаемые «квазимагнитные» эффекты связаны с наличием примесей переходных металлов, дефектами структуры и т.п. Данный вывод был подтвержден в самых последних экспериментах группы Гейма–Новоселова [44].

Получены выражения для критических индексов двумерной модели полимерных цепочек, у которых начала и концы принадлежат двум локальным областям, разделенным расстоянием, намного превосходящим персистентную длину цепочки [45].

Построено новое, наиболее сложное из известных, решение уравнения Янга–Бакстера, определяемое интегральным оператором с эллиптическим гипергеометрическим ядром. Это приводит к новым решаемым моделям спиновых цепочек с непрерывными значениями спинов [46].

Предложено трехпараметрическое интегрируемое семейство полностью асимметричных моделей взаимодействующих частиц с факторизованным стационарным состоянием. Получены уравнения Бете для модели с периодическими граничными условиями, и предложена гипотеза о виде функции Грина уравнения Маркова для системы на бесконечной решетке [47].

Исследован фазовый переход в двухцепочечной модели ДНК. Получены аналитически точно свободная энергия, корреляционная функция и параметр порядка в критической точке, которые позволяют сделать заключение о фазовом переходе бесконечного рода в рассмотренной модели [48].

Дается обзор теории и применений нового класса специальных функций математической физики — эллиптических гипергеометрических функций [49].

Книга посвящена обзору оригинальных результатов автора в теории интегрируемых квантовых спиновых цепочек со спином $s = 1/2$ и обменными константами, пропорциональными обратному квадрату гиперболического синуса (бесконечные цепочки) и эллиптической функции Вейерштрасса с действительным периодом, равным числу узлов решетки (цепочки с периодическими граничными условиями) [50].

Рассчитан туннельный ток в контакте, состоящем из полуплоскостей графена и двуслойного графена, с двумя возможными типами упаковки в двух возможных ориентациях кристаллической решетки. Обнаружено, что при встречной ориентации краем типа «зигзаг» для всех видов рассмотренных контактов туннельный ток содержит характерные пики, обусловленные влиянием локализованных краевых состояний, что приводит к выраженному эффекту «включения/выключения» контактов под влиянием затвора. Контакты на графенах с краем «кресло» не обладают

выраженным «переключающим» свойством, а усиление напряжения на затворе приводит к увеличению проводимости [51].

Показано, что t - J -модель сильнокоррелированных электронов при любом уровне допирования эквивалентна модели Кондо–Гейзенберга, описывающей допированные дырки проводимости на решетке локализованных спинов. Затравочные элементарные возбуждения в этой модели — спиноны и допоны — связаны $U(1)$ -калибровочным полем в фазе конфайнмента, что накладывает определенные ограничения на структуру физической ферми-поверхности. В частности, показано, что металлическая фаза слабодопированного антиферромагнетика («underdoped» t - J -модель) нарушает теорему Латтинжера. Это означает, что в этом режиме, не-

смотря на существование ферми-поверхности и квазичастиц, металлическая фаза не является ферми-жидкостью [52].

Продемонстрировано возникновение волн зарядовой плотности вдоль стека связанных джозефсоновских переходов (ДП) в слоистых сверхпроводниках. Описана трансформация продольной плазменной волны в волну зарядовой плотности (ВЗП), а также переходы между ВЗП различного типа. Влияние внешнего электромагнитного излучения на состояния, соответствующие ВЗП, кардинально отличается от случая одиночного ДП. Значения напряжений, соответствующих ступенькам Шапиро в ДП вдоль стека, не отражают непосредственно частоту внешнего излучения, а обусловлены распределением вращающихся и осциллирующих ДП в системе [53].

ДУБНЕНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (DIAS-TN)

В рамках DIAS-TN в 2013 г. были проведены 3 школы и рабочее совещание (Research Workshop):

- 11-я Зимняя школа по теоретической физике (28 января–3 февраля);
- 17-е рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применения» (1–30 апреля);

- Гельмгольцевская международная школа «Физика тяжелых кварков и адронов» (15–28 июля);

- Гельмгольцевская международная школа «Космология, струны и новая физика» (2–14 сентября).

Регулярно проводились семинары для студентов и аспирантов, поддерживался сайт DIAS-TN, продолжалась видеозапись лекций.

КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СОТРУДНИЧЕСТВО

Было организовано 9 конференций, рабочих совещаний и школ:

- 21-й Международный коллоквиум «Интегрируемые системы и квантовые симметрии» (12–16 июня, Прага);
- 3-я Международная школа «Симметрии в интегрируемых системах и ядерной физике» (7–13 июля, Армения);
- международная конференция «Симметрии и спин» (7–13 июля, Прага);
- 7-е рабочее совещание АРСТР – ЛТФ ОИЯИ «Современные проблемы в ядерной физике и физике элементарных частиц» (14–19 июля, Большие Коты, Россия);

- рабочее совещание IN2P3 – ЛТФ ОИЯИ «Последние достижения в ядерной физике» (22–27 июля, Дубна);

- международная конференция «Суперсимметрии и квантовые симметрии» (29 июля – 3 августа, Дубна);

- рабочее совещание KLFTP/CAS – ЛТФ ОИЯИ «Ядерные проблемы» (26–30 августа, Пекин);

- 25-я Международная конференция «Физика высоких энергий» (8–12 октября, Дубна);

- семинар Армения–Дубна «Проблемы интегрируемых систем» (25–26 декабря, Дубна).

КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В 2013 г. приобретено два высокопроизводительных сервера для замены устаревших серверов theor.jinr.ru и thproxy.jinr.ru. Новые серверы предоставят пользователям более 10 Тбайт дискового

пространства для поддержки вычислений. Для ускорения обмена данными между серверами ЛТФ внедрена технология 10 Гбит/с Ethernet. Для замены ПК на рабочих местах приобретено 40 высокопро-

изводительных ПК. Приобретены сетевые лицензии Intel Cluster Studio для Linux, дополнительные сетевые лицензии Wolfram Mathematica, большие пакеты лицензионного программного обеспечения от Adobe,

АВВУУ, Design Science. Построена беспроводная сеть WiFi из 20 точек доступа, охватывающая все здание ЛТФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bork L. V., Kazakov D. I., Vlasenko D. E. // JHEP. 2013. V. 1311. P. 065.
2. Bolzoni P., Kniehl B. A., Kotikov A. V. // Nucl. Phys. B. 2013. V. 875. P. 18–44.
3. Bednyakov A. V., Pikelner A. F., Velizhanin V. N. // JHEP. 2013. V. 1301. P. 017.
4. Khandramai V. L., Solovtsova O. P., Teryaev O. V. // J-NPCS. 2013. V. 16. P. 93.
5. Fursaev D. V., Patrushev A., Solodukhin S. N. // Phys. Rev. D. 2013. V. 88. P. 044054.
6. Gutsche T. et al. // Ibid. V. 87. P. 074031.
7. Dubnicka S. et al. // Ibid. P. 074201.
8. Korobov V. I., Karr J.-Ph., Hilico L. // Phys. Rev. A. 2013. V. 87. P. 062506.
9. Naumov V. A., Shkirmanov D. S. // Eur. Phys. J. C. 2013. V. 73. P. 2627.
10. Klopot Ya., Oganessian A., Teryaev O. arXiv:1312.1226 [hep-ph].
11. Goloskokov S. V., Kroll P. arXiv:1310.1472 [hep-ph].
12. Leader E., Sidorov A. V., Stamenov D. B. // Phys. Rev. D. 2011. V. 84. P. 014002.
13. Dorokhov A. E., Radzhabov A. E., Zhevlakov A. S. // Acta Phys. Polon. 2013. Suppl. 6. P. 157.
14. Kochelev N., Korchagin N. arXiv:1308.4857 [hep-ph].
15. Anikin I. V., Braun V. M., Offen N. // Phys. Rev. D. 2013. V. 88. P. 114021.
16. Cassing W. et al. // Phys. Rev. C. 2013. V. 88. P. 06490.
17. Bornyakov V. G. et al. // Phys. Rev. D. 2013. V. 87. P. 114508.
18. Chicherin D., Derkachov S., Isaev A. P. // J. Phys. A. 2013. V. 46. P. 485201.
19. Davydov E. A., Filippov A. T. // Gravitation and Cosmology. 2013. V. 19. P. 209–218.
20. Tretyakov P. // Ibid. P. 288.
21. Fré P., Sagnotti A., Sorin A. S. // Nucl. Phys. B. 2013. V. 877. P. 1028.
22. Pirozhenko I. G., Bordag M. Casimir Repulsion in Sphere-Plane Geometry // Phys. Rev. D. 2013. V. 87. P. 085031.
23. Bellucci S., Krivonos S., Sutulin A. // Phys. Lett. B. 2013. V. 726.
24. Goykhan M., Ivanov E., Sidorov S. // Phys. Rev. D. 2013. V. 87. P. 025026.
25. Ivanov E., Lechtenfeld O., Zupnik B. // JHEP. 2013. V. 1305. P. 133.
26. Krivonos S. et al. // J. Phys. A. 2013. V. 46.
27. Fiziev P. // Phys. Rev. D. 2013. V. 87. P. 044053.
28. Pakuliak S. et al. // J. Stat. Mech. 2013. V. 2. P. 1.
29. Belyov S., Tyurin N. // Theor. Math. Phys. 2013. V. 175. P. 147.
30. Šimkovic F. et al. // Phys. Rev. C. 2013. V. 87. P. 045501.
31. Mishev S. // Ibid. P. 064310.
32. Severyukhin A. P. et al. JINR Preprint E4-2013-133. Dubna, 2013.
33. Repko A. et al. // Phys. Rev. C. 2013. V. 87. P. 024305.
34. Chen Q. B. et al. // Ibid. P. 024314.
35. Sargsyan V. V. et al. // Ibid. V. 88. P. 05460.
36. Andreev A. V. et al. // Ibid. P. 047604.
37. Grozdanov T. P., Solov'ev E. A. // Phys. Rev. A. 2013. V. 88. P. 022707.
38. Giannakeas P., Melezhik V. S., Schmelcher P. // Phys. Rev. Lett. 2013. V. 111. P. 183201.
39. Albeverio S., Motovilov A. K. // Complex Analysis and Operator Theory. 2013. V. 7. P. 1389–1416.
40. Lukyanov V. K. et al. // Phys. Rev. C. 2013. V. 88. P. 034612.
41. Titov A. I. et al. // Phys. Rev. A. 2013. V. 87. P. 042106.
42. Plakida N. M., Oudovenko V. S. // Eur. Phys. J. B. 2013. V. 86. P. 115.
43. Birman J. L., Nazmitdinov R. G., Yukalov V. I. // Phys. Rep. 2013. V. 526, No. 1. P. 1–91.
44. Kuzemsky A. L. // Intern. J. Mod. Phys. B. 2013. V. 27, No. 11. 1330007. P. 1–40.
45. Gorsky A. et al. // Nucl. Phys. B. 2013. V. 870. P. 55–77.
46. Derkachov S. E., Spiridonov V. P. // Uspekhi Mat. Nauk. 2013. V. 68, No. 6. P. 59.
47. Povolotsky A. M. // J. Phys. A: Math. Theor. 2013. V. 46. P. 465205.
48. Hayrapetyan G. N. et al. // Ibid. P. 035001.
49. Спиридонов В. П. Эллиптические гипергеометрические функции. Дополнительная глава // Аски П., Рой Р., Эндрюс Дж. Специальные функции. М.: МЦНМО, 2013. С. 577–606 (translation to Russian: Andrews G. E., Askey R., Roy R. Special Functions. Encyclopedia of Math. Appl. V. 71. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1999).
50. Inozemtsev V. Integrable Heisenberg–Dirac Chains with Variable Range Exchange: Integrable Quantum Spin Chains. 88. LAP Lambert. Acad. Publ., 2013.
51. Katkov V. L., Osipov V. A. // JETP Lett. 2013. V. 98. P. 782.
52. Ferraz A., Kochetov E. A. // Eur. Phys. J. B. 2013. V. 86. P. 512.
53. Шукринов Ю. М., Абдельхафиз Х. // Письма в ЖЭТФ. 2013. Т. 98. С. 620.