

Теоретическая физика

Ведущиеся в ЛТФ исследования носят междисциплинарный характер, они непосредственно интегрированы в международные проекты с участием ученых из основных мировых исследовательских центров и тесно скоординированы с экспериментальными программами ОИЯИ. Планируется интенсивное развитие исследований по ядерной астрофизике и астрофизическим аспектам физики элементарных частиц, феноменологии бозона Хиггса, физики адронов при экстремальных условиях (в связи с экспериментальной программой проекта NICA/MPD и экспериментов на RHIC, LHC и FAIR), решеточным вычислениям в КХД. Исследования по физике конденсированных сред будут координироваться с практическими проблемами в области нанотехнологий с целью создания новых материалов и электронных приборов.

Квантовая теория поля и физика элементарных частиц

В теоретических исследованиях по физике элементарных частиц будет сделан акцент на поддержке физических программ международных экспериментальных коллабораций с участием ОИЯИ (на LHC, RHIC, FAIR и т. д.) и базовых установок самого Института, в первую очередь — проекта NICA/MPD. В центре внимания будут феноменология Стандартной модели, включая изучение свойств бозона Хиггса, поиск новых физических явлений за пределами Стандартной модели, физика нейтрино, структура адронов и спиновая физика, фазовые переходы в горячей и плотной адронной материи, физика тяжелых ароматов и адронная спектроскопия, проблема темной материи и астрофизические аспекты физики элементарных частиц.

Теория ядра

Приоритетным направлением исследований в области ядерной физики низких энергий будет изучение свойств экзотических и сверхтяжелых ядер, получение и исследование которых планируется в рамках экспериментальных проектов DRIBs-III и «Фабрика сверхтяжелых элементов» (ОИЯИ), равно как и на других крупных экспериментальных установках в Европе, США, Китае и Японии. Это диктует необходимость развивать и соответствующие теоретические исследования. Будут разрабатываться микроскопические самосогласованные ядерные модели, позволяющие учесть эффекты фрагментации и ангармонизма. Эти модели будут использованы для количественного анализа механизмов слияния и деления ядер, предсказания скоростей различных процессов в астрофизических задачах. Ядерные реакции в звездном веществе будут изучаться в том числе и методами теории малочастичных систем. Повышенное внимание будет уделено кластерным эффектам в структуре экзотических тяжелых ядер, исследованиям механизма передачи нуклонов, кластеров и развала одного ядра в поле другого. Будут развиваться математически строгие и эффективные методы для описания свойств разнообразных квантовых малочастичных систем, в том числе столкновений ультрахолодных атомов и молекул в оптических ловушках. Исследование взаимодействий тяжелых ионов при высоких энергиях в значительной мере будет ориентировано на проект NICA/MPD и поиск наиболее информативных наблюдаемых величин. В рамках усовершенствованных моделей будут непосредственно учтены цветовые степени свободы и исследовано влияние модифицированного средой кварк-адронного взаимодействия на рождение дилептонов в релятивистских столкновениях тяжелых ядер.

Теория конденсированных сред

Большое внимание будет уделено теоретическому анализу систем с сильной электронной корреляцией, прежде всего соединений переходных металлов, таких как медно-

оксидные сверхпроводники, соединений с колоссальным магнитосопротивлением (манганиты), низкоразмерных квантовых магнетиков с сильной спин-орбитальной связью, систем с тяжелыми фермионами, топологических изоляторов и т. д. Предполагается изучение электронной структуры, спектра квазичастиц, магнитных и зарядовых возбуждений, фазовых переходов металл–изолятор, ферромагнитных и антиферромагнитных фазовых переходов, зарядового и орбитального упорядочения, высокотемпературной сверхпроводимости в соединениях на основе меди и железа. Теоретические исследования в этой области будут направлены на поддержку экспериментального изучения этих материалов, проводимого в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ. Важнейшим направлением будет проведение теоретических исследований в области наноструктур и наномасштабных явлений, направленных на изучение физических характеристик наноматериалов, перспективных для разнообразных практических приложений в современных нанотехнологиях. Предполагается исследование проблемы квантового транспорта в углеродных и прочих структурах молекулярного масштаба, резонансных и туннельных явлений в гетероструктурах и слоистых сверхпроводниках. Методами равновесной и неравновесной статистической механики будут изучаться модели конденсированных сред с целью выявления общих свойств многочастичных систем на основе идей самоподобия и универсальности.

Современная математическая физика

Теория суперструн — наиболее серьезный кандидат на роль единой теории фундаментальных взаимодействий, включающей квантовую гравитацию, — будет занимать центральное место в исследованиях ЛТФ по математической физике. Будет изучаться широкий спектр точных классических и квантовых решений этой теории и ее многочисленные приложения, включая непертурбативный режим суперсимметричных калибровочных теорий, микроскопическое описание черных дыр, космологические модели ранней Вселенной, модели частиц и суперчастиц, а также новые варианты суперсимметричной квантовой механики, включая модели с полупростыми супергруппами. Для применения и развития новых идей, порожденных теорией струн, решающим является использование математических методов теории интегрируемых систем, квантовых групп и некоммутативной геометрии, суперполевых методов, включая метод гармонических суперпространств.

Научно-образовательный проект «Дубненская международная школа современной теоретической физики» (DIAS-TH)

Общая задача постоянно действующего проекта «Дубненская международная школа теоретической физики» (DIAS-TH) будет заключаться в развитии научно-образовательных программ ОИЯИ. Уникальная черта DIAS-TH состоит в глубокой интеграции этого проекта в научную жизнь ЛТФ, что обеспечит регулярное и естественное участие ведущих ученых в учебно-образовательной работе. Важным условием успешной работы проекта будет развитие сотрудничества с международными и российскими фондами (UNESCO, DAAD, DFG, РФФИ, и др.) и государственными организациями (BMBF, INFN, CNRS).