

## Теоретическая физика

В Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова накоплен уникальный опыт исследований в ключевых областях фундаментальной теоретической физики: квантовой теории поля и физике элементарных частиц, теории ядра, теории конденсированных сред и методах математической физики. 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. С появлением в лаборатории научно-образовательного проекта «Дубненская международная школа теоретической физики (DIAS-TH)» и открытием новых кафедр теоретической физики МФТИ и Международного университета «Дубна», тесно ассоциированных с УНЦ ОИЯИ, роль ЛТФ как международного образовательного центра для молодых ученых и студентов значительно усилилась.

В ближайшие несколько лет работа в указанных выше фундаментальных областях теоретической физики будет усилена по ряду направлений, указанных в нижеследующих пунктах программы. Планируется усиление работы по ядерной астрофизике и астрофизическим аспектам физики элементарных частиц, физике плотной и горячей адронной материи (в связи с экспериментальной программой NICA/MPD, ведущимися и планируемыми экспериментами на RHIC, LHC и FAIR), решеточным вычислениям в КХД. Исследования в теории конденсированных сред будут более непосредственно координироваться с современными потребностями нанотехнологий.

В таблице приведены финансовые ресурсы, требуемые для обеспечения работ по теоретической физике по темам: квантовая теория поля и физика элементарных частиц, теория ядра, теория конденсированных сред, современная математическая физика, научно-образовательный проект «DIAS-TH».

### Финансирование (тыс. долл. США)

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
370	410	435	460	485	510	530

**Квантовая теория поля и физика элементарных частиц.** Направление теоретических исследований по физике элементарных частиц будет определяться физическими программами международных экспериментальных коллабораций (LHC, RHIC, FAIR, K2K и т.д.) и базовых установок ОИЯИ, в первую очередь — проекта NICA/MPD. В центре внимания будет прецизионная проверка стандартной модели, новая физика за пределами стандартной модели, структура адронов и спиновая физика, фазовые переходы в горячей и плотной адронной материи и смешанная кварк-адронная фаза, физика тяжелых ароматов и адронная спектроскопия, физика нейтрино, проблема темной материи и астрофизические аспекты физики элементарных частиц.

**Теория ядра.** Основным направлением исследований в области ядерной физики низких энергий на ближайшее десятилетие будет изучение свойств ядер, далеких от долины стабильности, являющееся составной частью физической программы проекта DRIBs (ОИЯИ) и практически всех существующих и планируемых проектов крупных экспериментальных установок в Европе, США и Японии. Соответственно будут развиваться и теоретические исследования в этой области ядерной физики. Планируется продолжить разработку микроскопических моделей ядерной структуры с самосогласованием, использующих эффективные взаимодействия, зависящие от плотности ядра, взаимодействия конечного радиуса, выходящие за рамки приближений среднего поля и случайной фазы. Модели ядерной структуры будут использованы для предсказания скоростей слабых процессов в звездном веществе, в других астрофизических

задачах. В теории реакций будут исследоваться столкновения ультрахолодных атомов и молекул в оптических и магнитных ловушках, реакции слияния в пересекающихся пучках легких ядер, каналированных в кристаллических структурах. Исследование процессов взаимодействия тяжелых ионов при промежуточных и высоких энергиях в значительной мере будет ориентировано на проект NICA/MPD. Структурные функции нуклонов и ядер будут изучаться с использованием экспериментальных данных, полученных в ОИЯИ, GSI, JLab, J-PARC.

**Теория конденсированных сред.** Основное внимание теоретических исследований будет уделено анализу систем с сильной электронной корреляцией (слоистые купраты в нормальном и сверхпроводящем состояниях, оксиды переходных металлов, в частности, манганиты с колоссальным магнетосопротивлением и геометрически фрустрированные антиферромагнитные соединения, фуллереновые кластеры и решетки и т.д.), что предполагает изучение новых кооперативных явлений, новых видов упорядочения, магнетизма в низкоразмерных системах и квантовых критических явлений. Теоретические исследования в этой области будут направлены на поддержку экспериментального изучения этих материалов, проводимых в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. Важнейшим направлением теоретических исследований будет изучение электронных, тепловых и транспортных характеристик разнообразных современных наноматериалов и наноструктур. Особый интерес представляют углеродные наноструктуры.

**Современная математическая физика.** Теория суперструн, наиболее серьезный кандидат на роль единой теории фундаментальных взаимодействий, включающей квантовую гравитацию, будет занимать центральное место в работе 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. Для применения и развития новых идей, порожденных теорией струн, решающим является использование математических методов теории интегрируемых систем, квантовых групп и некоммутативной геометрии.

**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, «Династия» и др.) и государственными организациями (BMBF, INFN, CNRS).

## Информационные технологии

Задачей семилетнего плана является формирование единой грид-среды стран-участниц ОИЯИ, в которой можно выделить три основных уровня. **Сетевому уровню** отвечают высокоскоростные опорные сети и телекоммуникационные каналы связи. **Ресурсный уровень** образуют высокопроизводительные вычислительные кластеры, суперкомпьютеры и системы хранения данных, объединенные в единую грид-среду. **Прикладной уровень** формируют исследовательские задачи, адаптированные для решения в грид-среде и в рамках соответствующих виртуальных организаций.

Развитие сетевого уровня грид-среды ОИЯИ включает в себя развитие и совершенствование телекоммуникационных каналов, а также локальной вычислительной сети. В частности, предполагается довести суммарную пропускную способность канала связи Дубна–Москва до 720 Гбит/с. ОИЯИ участвует в работах по развитию международного сегмента сети в рамках проекта GEANT, что позволит увеличить пропускную способность международных каналов до 10 Гбит/с в 2009 году с последующим ростом в 2010–2016 гг. Планируется объединение грид-инфраструктур ОИЯИ и стран-участниц через высокоскоростную европейскую сеть GEANT. План развития локальной вычислительной сети (ЛВС) ОИЯИ на 2010–2016 гг. предусматривает перевод магистрали опорной сети ОИЯИ на скорость передачи данных в 10 Гбит/с и подключение к ней всех лабораторий ОИЯИ; повышение производительности ядра центрального телекоммуникационного узла сети; увеличение скорости передачи данных в подразделениях Института до 1 Гбит/с и повышение уровня защиты ЛВС и т.п.

Компоненты ресурсного уровня	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Наращивание производительности ЦИВК: CPUkSI2K	2 500	4 000	4 000	7 000	7 000	10 000	10 000
Наращивание дисковой системы хранения (ТВ)	1 200	2 000	2 000	4 000	4 000	8 000	8 000
Наращивание системы массовой памяти (ТВ)	500	2 000	2 000	5 000	5 000	10 000	10 000
Создание ЦБГС	Подготовка технического задания и закупка оборудования	Реализация	Сопровождение и модернизация				
Базовое и информационное ПО	Сопровождение и модернизация						
Лицензирование сервисов и т.п.	Реализация			Сопровождение и модернизация			

Основу **ресурсного уровня** информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ составляют высокопроизводительные **вычислительные кластеры** и **системы хранения данных** ЦИВК. Для обеспечения эффективной работы по обработке и анализу экспериментальных данных экспериментов на ЛНС требуется дальнейшее наращивание производительности ЦИВК и объема дискового пространства. Для управления совместной грид-инфраструктурой планируется создать **Центр базовых грид-сервисов** (ЦБГС),

который будет обеспечивать согласованное функционирование географически распределенных ресурсных центров. Конкретные работы по созданию ЦБГС включают в себя подготовку программно-аппаратной базы ЦБГС; создание средств разработки и реализацию базовых сервисов ЦБГС; стандартизацию сервиса информационного обслуживания; открытие центра сертификации; подключение ресурсных узлов стран-участниц ОИЯИ и т.п. Необходимое условие на пути создания единой информационно-вычислительной среды ОИЯИ и стран-участниц состоит в обеспечении **информационной и базовой программной поддержки** научно-производственной деятельности Института.

Прикладной уровень **грид-среды ОИЯИ** охватывает пользовательские приложения, работающие в среде **виртуальной организации (ВО)**, объединяющей как пользователей, так и владельцев вычислительных ресурсов. Виртуальная организация — это гибкая структура, которая может образовываться динамически и иметь ограниченное время существования. В ВО экспериментов ATLAS, CMS, ALICE, действующих в рамках проекта WLCG, ОИЯИ принимает непосредственное участие. Создание новых ВО становится необходимым по мере развития **математических методов и средств** решения поставленных задач. В 2010–2016 гг. планируется продолжить работу по развитию математических методов моделирования физических процессов и обработки экспериментальных данных; разработке программного обеспечения и компьютерных комплексов и т.п. Планируется также проведение исследований в области квантовых информационных технологий.

Семилетние затраты приведены в таблице. Финансирование будет осуществляться как за счет бюджета Института, так и в рамках целевого финансирования странами-участницами ОИЯИ.

#### **Финансирование (тыс. долл. США)**

<b>Работы</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Внешний канал	165	65	85	85	135	135	185
Локальная сеть	125	125	225	125	205	205	225
ЦИВК и грид-инфраструктура	260	460	390	490	650	670	790
Лицензирование ПО	80	80	80	80	100	100	100
Развитие сервисов и прочие расходы	17	20	20	40	43	53	64
<b>Итого</b>	<b>647</b>	<b>750</b>	<b>800</b>	<b>820</b>	<b>1 133</b>	<b>1 163</b>	<b>1 364</b>