

Приложение 1.

*Форма открытия (продления) Темы /
Крупного инфраструктурного проекта*

УТВЕРЖДАЮ

Вице-директор Института

_____/_____
“ ____ ” _____ 202_ г.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОТКРЫТИЯ / ПРОДЛЕНИЯ
ТЕМЫ / КРУПНОГО ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПРОЕКТА
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ ОИЯИ**

1. Общие сведения о теме / крупном инфраструктурном проекте (далее КИП)

1.1. Шифр темы / КИП (для продлеваемых тем) — *01-3-1137-2019/2023*

1.2. Лаборатория Лаборатория теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова

1.3. Научное направление Теоретическая физика

1.4. Наименование темы / КИП Теория сложных систем и перспективных материалов

1.5. Руководитель(и) темы / КИП В.А. Осипов, А.М. Поволоцкий

1.6. Заместитель(и) руководителя темы / КИП

2. Научное обоснование и организационная структура

2.1. Аннотация

Важнейшими направлениями фундаментальных исследований будут теоретическое изучение физических явлений и процессов в конденсированных средах, исследование свойств новых перспективных материалов, построение и анализ теоретических моделей и развитие аналитических и вычислительных методов для их решения. Предполагается изучение сложных материалов, таких как высокотемпературные сверхпроводники, магнитные материалы, умные композитные материалы; фрактальных и слоистых структур, анализ широкого класса систем с сильными электронными корреляциями. Теоретические исследования в этой области будут направлены на поддержку экспериментального изучения этих материалов, проводимых в Лаборатории нейтронной физики им. Франка ОИЯИ. Планируется проведение исследований в области физики наноструктур и наноматериалов, в том числе с использованием программных пакетов для моделирования физико-химических процессов и анализа физических характеристик. Это прежде всего современные двумерные материалы, такие как графен,

дихалькогениды переходных металлов и т. п. с учетом их модификации и химической функционализации для последующего применения при проектировании новых устройств для наноэлектроники, спинтроники и т. п. Частично, данные исследования ориентированы на эксперименты, проводимые в Центре прикладной физики ЛЯР ОИЯИ, Институте физики полупроводников СО РАН и ряде других лабораторий стран-участниц ОИЯИ. Будут детально исследованы физические свойства стеков джозефсоновских контактов и различные джозефсоновские наноструктуры. Большое внимание будет уделено анализу как решетчатых, так и полевых моделей равновесных и неравновесных систем статистической механики. Концепции скейлинга и универсальности позволяют выйти за рамки чисто модельного подхода и применить полученные результаты к широким классам явлений, изучаемым в физике конденсированных сред. Предполагается изучение широкого спектра универсальных явлений в сложных системах - фазовых переходов в конденсированных средах и физике высоких энергий, скейлинга в (магнито) гидродинамической турбулентности, химических реакциях, перколяции и др. методами квантовой теории поля включая функциональную ренормализационную группу.

2.2. Проекты в теме / подпроекты КИП

1. Сложные материалы (рук. Е.М. Анищаш)
2. Математические модели статистической физики сложных систем (рук. А.М. Поволоцкий)
3. Наноструктуры и наноматериалы (рук. В.А. Осипов, Е.А. Кочетов)
4. Методы квантовой теории поля в сложных системах (рук. М. Гнатич)

2.3. Научное обоснование (не более 20 страниц)

(цель, актуальность и научная новизна, методы и подходы, методики, ожидаемые результаты, риски).

Основными целями исследования будут являться:

- исследование физических явлений и процессов в конденсированных средах, изучение свойств новых перспективных материалов, построение и анализ теоретических моделей и разработка аналитических и расчетных методов их решения.
- построение и изучение математических моделей статистической физики сложных систем и связанных с ними моделей квантовой механики и квантовой теории поля с акцентом на концепции и структуры теории интегрируемых систем, а также разработка математических инструментов, лежащих в основе этой теории, включая теорию специальных функций и теорию представлений квантовых матричных алгебр и групп кос.
- исследование свойств новых перспективных материалов, прежде всего, наноструктур и наноматериалов. Особое внимание будет уделено анализу транспортных характеристик двумерных и малослойных структур с учетом их функционализации и структурной модификации. Важное место займет исследование таких явлений, как топологическая сверхпроводимость в сильно коррелированных системах и проявление эффекта Джозефсона в гибридных гетероструктурах. Это объясняется не только фундаментальностью физических свойств данных материалов, но и практической важностью для создания новых устройств электроники, устройств хранения, обработки и передачи информации, сенсоров и биосенсоров, и других.
- исследование стохастических нелинейных динамических систем, таких как развитая (магнито)гидродинамическая турбулентность, неравновесные фазовые переходы, фазовые переходы в системах с высокими спинами, кинетика химических реакций, перколя-

ционные процессы, рост поверхностей в случайных средах и самоорганизованная критичность.

Примерами сложных материалов, которые предполагается исследовать, являются атомарно тонкие полупроводники, соединения с колоссальным магнитосопротивлением, системы с тяжелыми фермионами, низкоразмерные квантовые магниты с сильным спин-орбитальным взаимодействием, топологические изоляторы. В настоящее время они привлекают значительное внимание как с точки зрения фундаментальных исследований, так и в качестве перспективных материалов для различных приложений, например, для квантовых вычислений. Также планируется анализ интеллектуальных композитных материалов, фрактальных и слоистых структур, а также биологических макромолекул.

В последнее время был достигнут значительный прогресс в понимании природы предельных форм, универсальных флуктуаций и корреляций в моделях равновесной и неравновесной статистической физики. Среди равновесных моделей изучаются упаковки димеров и полимеров на решетках, полимеры в случайных средах, вершинные и спиновые модели, где предметом изучения является, например, предельная макроскопическая форма границ между различными термодинамическими фазами, а также ее случайные флуктуации и корреляции между ее частями. В неравновесном контексте аналогичные вопросы изучаются на примерах стохастических моделей неравновесных решеточных газов или транспортных потоков, таких как асимметричный процесс с запретами, а также различных поверхностей раздела, движущихся под действием случайных сил, где макроскопическое описание дается в терминах решений уравнений гидродинамического типа, и случайных флуктуаций, характеризующихся универсальными статистическими законами, специфичными для обширных классов универсальности, объединяющих множество природных явлений, ярким примером которых является класс универсальности Кардара-Паризи-Жанга.

Успехи, достигнутые в этих направлениях, были обусловлены новыми приложениями теории интегрируемых систем к получению точных результатов о различных моделях со многими степенями свободы. Используя концепции универсальности и скейлинга, эти результаты часто можно распространить на целый класс универсальности природных явлений. Прогресс стал возможен благодаря построению новых интегрируемых моделей неравновесных стохастических систем, систем равновесной статистической физики и квантовых систем, разработке новых методов точных решений этих моделей и открытию новых математических структур, стоящих за интегрируемостью, таких как новые классы специальных функций и новые решения уравнения Янга-Бакстера и соотношения кос, появляющиеся в теории представлений квантовых матричных алгебр и групп кос. Команда, участвовавшая в проекте, получила множество передовых результатов в этих направлениях.

На современном этапе развитие электроники достигло предела, обусловленного, прежде всего, свойствами материалов, на основе которых выполнены микроэлектронные устройства, то есть характеристиками стандартных полупроводников. В связи с этим существует запрос к фундаментальной науке относительно дальнейшего пути развития элементной базы для вычислительной техники. Одним из ответов является предложение принципиально новых материалов с уникальными свойствами и разработка способов их использования для создания новых более эффективных микроэлектронных устройств. Одним из главных кандидатов на роль базового материала для электроники нового типа является графен, обладающий рядом преимуществ перед стандартными полупроводниками. Наиболее важным является экстремально высокая подвижность носителей заряда (данная характеристика прямо отвечает за быстродействие электронных устройств). Помимо этого, сам факт двумерности графена создает возможность компактной компоновки (миниатюризация). Однако у этого материала есть и некоторые недостатки. Если опустить технологические аспекты, то к ним следует отнести отсутствие запрещенной зоны в электронном энергетическом спектре и отсутствие возможности локализовать электроны в графене вследствие парадокса Кляйна. Разработка

фундаментальных принципов работы электронных приборов, которые, с одной стороны, используют достоинства графена, а с другой стороны позволяют избежать трудностей, связанных с его недостатками, является крайне актуальной и весьма интересной научной задачей.

В последние годы наблюдается заметный рост интереса к сверхпроводящей квантовой электронике с быстро растущим числом перспективных устройств и систем, обеспечивающих манипуляции с квантовыми когерентными состояниями. Топологический порядок в сильно коррелированных системах, включая квантовые спиновые жидкости, квантовые холловские состояния в решетках и топологическую сверхпроводимость, является одной из ключевых тем. Интенсивно исследуются различные металлические не ферми-жидкостные состояния, включая дробную ферми-жидкость и теории фазовых струн. Особый интерес представляет классификация топологических состояний и определение различий между квантовой и классической топологией. Наряду с важными практическими приложениями, новая топологическая парадигма может способствовать углубленному пониманию фундаментальных законов природы.

Эффект Джозефсона находит многообразные применения в различных областях науки, техники, медицины. В частности, приборы на его основе применяются в сверхпроводниковой электронике для измерения сверхслабых магнитных полей, в квантовой метрологии в качестве современных стандартов вольта, в медицине для регистрации магнитоэнцефалограм головного мозга. Данный эффект является основой для генерирования и детектирования когерентного электромагнитного излучения в терагерцовой области. До последнего времени не удавалось совместить сверхпроводимость и магнетизм, поскольку эти явления являются антагонистическими: магнитное поле уничтожает сверхпроводимость, а сверхпроводимость выталкивает магнитное поле. Однако, в гибридных джозефсоновских структурах их удалось сблизить настолько, что позволяет сверхпроводимости управлять магнетизмом, а магнетизму влиять на сверхпроводимость. Одним из основных направлений в этой области является решение фундаментальных задач сверхпроводниковой спинтроники – разработки принципиально новых способов контроля намагниченности магнетиков, а также радикального снижения энергозатрат при функционировании спинтронных устройств.

Динамические нелинейные системы, в которых решающую роль играют неравновесные (стохастические) флуктуации физических величин, являются одним из важнейших объектов исследований ведущими научными коллективами в мире. Они охватывают широкий спектр явлений, которые мы наблюдаем в окружающем нас мире. Стохастичность является фундаментальным свойством физических, химических, биологических и даже социально-экономических явлений. Среди известных примеров стохастических процессов - гидродинамическая и магнитогидродинамическая турбулентность, описывающая, в частности, турбулентные движения в атмосфере Земли и океанах, распространение в них загрязняющих веществ (включая химически активные), а также хаотичные движения плазмы на поверхности Солнца и в космосе. Одним из важных следствий существования механических неустойчивостей в электрически проводящих турбулентных средах является экспоненциальный рост магнитных флуктуаций, приводящих к образованию наблюдаемых ненулевых средних магнитных полей только за счет кинетической энергии турбулентной среды. Еще один важный пример стохастических систем представляют перколяционные процессы. Они описывают такие явления как просачивание в пористых средах, фильтрацию, распространение инфекционных заболеваний, лесные пожары и другие. Их универсальной чертой является существование неравновесного фазового перехода в неактивное (поглощающее) состояние, которое гасит всю активность наблюдаемой системы.

Очевидно, что изучение переходов между стационарной активной (которая не соответствует тепловому равновесию) и неактивной фазой имеет важное прикладное значение. Отметим, что эти переходы непрерывны и особенно интересны как прототипические примеры сильно неравновесного критического поведения.

Основным объектом изучения являются физические величины, которые зависят от пространственно-временных координат и поэтому являются флуктуирующими полями, а измеряемыми величинами являются их статистические средние. Важнейшие из них – это ненулевые средние значения полей, функции отклика, многоточечные корреляционные функции, двухточечные одновременные корреляции (структурные функции), включающие составные поля (операторы). В области больших пространственных и временных масштабов наблюдается их скейлинговое поведение с универсальными критическими индексами. Анализ областей устойчивости скейлинговых режимов и вычисление индексов являются приоритетной целью при изучении стохастических нелинейных систем.

Научная новизна и актуальность планируемых результатов состоит

- в анализе широкого спектра физических характеристик новых материалов с целью выявления наиболее перспективных для разработки и создания устройств в области наноэлектроники, спинтроники, фотоники и т. п.
- в соответствии современным тенденциям в области точных решений систем со многими степенями свободы и основаны на богатом опыте команды в теории интегрируемых систем и ее приложениях, а также в теории специальных функций и теории квантовых групп.
- в исследовании скейлинговых режимов, которое включает вычисление критических индексов и репрезентативных физических констант и параметров рассматриваемых систем в высших порядках теории возмущений.

Общие методы теоретических исследований и подходы к решению сформулированных задач основаны на использовании и совершенствовании методов квантовой физики твердого тела, физической кинетики, квантовой механики и квантовой химии, квантовой теории поля, равновесной и неравновесной статистической физики. Будут использоваться численные методы, а также планируется использование стандартных пакетов программного обеспечения для квантово-химических расчетов, расчетов *Ab initio*, моделирования в рамках молекулярной динамики и т. д. Будут расширены и обобщены существующие методы теории интегрируемых систем, такие как координатно-алгебраический и функциональный анзац Бете, квантовый метод обратной задачи рассеяния, методы функциональных соотношений и теории разностных уравнений, методы интегрируемой вероятности, такие как теория детерминантных и пфаффианных точечных процессов, марковской двойственности и т.д. Эти методы в значительной степени основаны на математическом ядре, базирующемся на теории представлений и теории специальных функций, которое будет развиваться в рамках проекта. Планируется использование теории перенормировок, вычислений многопетлевых диаграмм Фейнмана, алгоритмов пересуммирования членов ряда теории возмущений по формально малому параметру, техники ренормализационной группы, функциональной ренормгруппы, методов решения уравнений типа уравнения Ланжевена и его обобщений, уравнения Фоккера-Планка, управляющих уравнений для функций распределения, высокопроизводительных вычислений, включая вычисления на суперкомпьютере.

Конкретные цели и задачи проекта заключаются в следующем:

- Установление полуаналитической связи между энергией и размерами экситонов в атомарно тонких полупроводниках и средней диэлектрической проницаемостью по отношению к их ближайшему диэлектрическому окружению. Вывод дальнедействующего диполь-дипольного взаимодействия между экситонами в их возбужденных состояниях.

- Теоретические и экспериментальные исследования строения сложных иерархических систем, в том числе фракталов и биологических макромолекул.
- Теоретические исследования электронных свойств наночастиц для исследований в области электроники.
- Теоретические и экспериментальные исследования плотной случайной упаковки со степенным распределением по размерам в нано- и микромасштабах.
- Применение и разработка квантовых алгоритмов для вычислительных задач физики конденсированного состояния и квантовой химии.
- Развитие теории устойчивости смесей квантовых жидкостей.
- Численное и экспериментальное исследование радиационной стойкости различных соединений.
- Численное и теоретическое исследование ядерных квадрупольных взаимодействий в рутиловых и редкоземельных оксидах.
- Исследование спиновых волн с помощью тензорных сетей и методов ренормализационной группы матрицы плотности.
- Исследование различных реакционно-диффузионных моделей взаимодействующих частиц на одномерной решетке с использованием марковских двойственностей. Построение и полное точное решение новых стохастических моделей, описывающих статистику траекторий решетки или частиц с дискретной временной динамикой, что позволяет включать новые типы взаимодействия по сравнению с моделями с непрерывным временем, изученными ранее.
- Вычисление точных плотностей кластеров и их асимптотических разложений в моделях просачивания, а также плотностей петель в связанных с ними моделями плотно упакованных петель на решетках с различными граничными условиями, что оказывается возможным, благодаря связи этих задач с шестивершинной моделью разрешимой с помощью метода анзаца Бете, построение асимптотических разложений термодинамических величин, характеризующих поведение на решетках конечного размера свободно-фермионных моделей, таких как димеры, модель Изинга и модели остовных деревьев с различной геометрией при различных граничных условиях. Также планируется изучение граничного поведения нелокальных корреляционных функций в моделях плотных полимеров и остовных деревьев, а также описание предельных форм и универсальных флуктуаций конфигураций полимеров в этих моделях.
- Анализ приложений изучавшихся моделей полимеров и квантовых спиновых цепей к задачам из смежных областей квантовой механики и биофизики. Среди них исследования «запутанных состояний» и магнитных свойств сложных квантовых спиновых систем, имеющих отношение к задачам квантовых вычислений. Кроме того, планируется применение модели ротора-маршрутизатора (эйлеровых блужданий) для изучения динамики разрывов двухцепочечной ДНК.
- Разработка математических структур, стоящих за интегрируемостью. В частности, эллиптические бета-интегралы и эллиптические гипергеометрические функции, которые были открыты в ЛТФ и являются вершиной теории специальных функций математической физики, содержащие большинство известных специальных функций в качестве частных предельных случаев, обеспечивают наиболее глубокую математическую основу для теории интегрируемых систем. Исследование, включает в себя дальнейшее изучение свойств этих функций и их различных предельных форм. В частности, это поиск приложений этих функций в квантовой теории поля, квантовой и статистической механике и в теории солитонов. Также планируются обобщения полученных результатов для случаев разреженных гипергеометрических функций различных типов и описание соответствующих физических систем, а также исследование связей между солитонными решениями интегрируемых уравнений, решетчатым кулоновским газом, нелокальными цепочками Изинга и ансамблями случайных матриц.

- Изучение алгебраических структур, лежащих в основе интегрируемости, и их использованию для создания новых интегрируемых систем, которые могли бы быть полезны в различных приложениях. В частности, будет продолжено исследование семейства квантовых матричных алгебр. Это семейство алгебр было открыто в контексте метода квантового метода обратной задачи и нашло различные применения в теории интегрируемых систем, квантовой механике и теории поля, статистической физике и теории случайных процессов.
- С целью выявления материалов с перспективными свойствами для использования в качестве компонентной базы для электроники нового поколения планируется исследование теплового и электронного транспорта в низкоразмерных материалах различной конфигурации и химического состава. Будет проведен анализ роли функционализации, структурной модификации, влияния малослойности, поликристалличности, структурных дефектов и других факторов. Экспериментальные исследования проводятся в сотрудничестве института физики полупроводников СО РАН (синтез, характеристика, функционализация) и ЛЯР ОИЯИ (ионное облучение для создания нанопор).
- Анализ топологической сверхпроводимости в сильнокоррелированных электронных системах с целью поиска возможных приложений для передачи и хранения квантовой информации и для исследования нестандартного квантового транспорта, нечувствительного к локальным источникам шума.
- Исследование динамических, транспортных и хаотических явлений в гибридных джозефсоновских наноструктурах с магнитными материалами для целей сверхпроводящей спинтроники. Моделирование квантовых явлений в джозефсоновских кубитах (элементы памяти).
- Изучение свойств поляронов в материалах с пониженной размерностью и наноструктурированных объектах. Анализ плазмон-фононного взаимодействия и плазмонов в наноразмерных и массивных объектах.
- Исследование в рамках функциональной ренормгруппы БЭК-БКШ кроссовера в системах многокомпонентных фермионов: анализ фазовых диаграмм и вычисление температур перехода в упорядоченное состояние. Апробация и адаптация вычислительных методов для решения непертурбативных уравнений функциональной ренормализационной группы.
- Развитие вычислительных методов для расчета вкладов многопетлевых диаграмм в ренормгрупповые функции динамических моделей. Исследование динамики сверхпроводящего фазового перехода в низкотемпературных сверхпроводниках.
- Исследование эффектов, связанных с нарушением зеркальной симметрии в магнито-гидродинамической развитой турбулентности. Вычисление двухпетлевых диаграмм Фейнмана, порождаемых силой Лоренца, и двухпетлевых диаграмм функции отклика, приводящих к экспоненциальному росту флуктуаций магнитного поля в области больших масштабов. Изучение явления турбулентного динамо.
- Построение эффективных теоретико-полевых моделей химических реакций разного сорта частиц, протекающих в случайных средах. Изучение инфракрасного скейлингового поведения статистических корреляций плотностей частиц методами ренормализационной группы.
- Исследование изотропной и направленной перколяции. Вычисление многопетлевых диаграмм Фейнмана, порождающих ультрафиолетовые расходимости. Нахождение неподвижных точек уравнений ренормализационной группы и вычисление критических индексов для физически значимых и экспериментально наблюдаемых величин – функций отклика, плотности активных узлов (агентов), эффективного радиуса и массы активных зон.
- Изучение влияния изотропного движения среды с различными статистическими характеристиками на возможность возникновения анизотропного скейлинга в модели

самоорганизованной критичности Хуа-Кардара. Исследование методом функциональной ренормгруппы возможных асимптотических режимов, соответствующих неуниверсальному скейлинговому поведению поверхности, растущей в случайной среде и описываемой моделью, включающей бесконечное количество типов взаимодействий.

В решение задач планируется вовлечение как сотрудников лабораторий ОИЯИ, так представителей научных учреждений и университетов России, стран-участниц ОИЯИ и ряда других стран.

2.4. Участвующие лаборатории ОИЯИ

- Лаборатория нейтронной физики имени Франка (А. С. Дорошкевич, А. И. Куклин).
- Лаборатория информационных технологий имени Мещерякова (З.А. Шарипов, З. К. Тухлиев, Е. П. Юкалова, П. В. Зрелов, О. В. Иванцова, Л. А. Сюракшина, Буша Я., Земляная Е.В., Сархадов И., Сердюкова С.И.).
- Лаборатория ядерных реакций имени Флерова (Мирзаев М.Н., Скуратов В.А.).
- Лаборатория ядерных проблем Дзелепова (Е. П. Попов)
- Лаборатория радиационной биологии (Бугай А.Н.)

2.5. Участвующие страны, научные и научно-образовательные организации

Организация	Страна	Город	Участники	Тип соглашения
Институт физики твердого тела	Болгария	София	Х. Шамати	Совместные работы
Университет Сан-Паулу	Бразилия	Сан-Карлос	В. С. Банято	Совместные работы
Западный университет Тимишоары	Румыния	Тимишоара	И. Бика	Совместные работы
НИУ ВШЭ	Россия	Москва	Гриценко В.А.	Обмен визитами
НИУ ВШЭ	Россия	Москва	Кротков Д.И.	Совместные работы
НИУ ВШЭ	Россия	Москва	Уваров Ф.В.	Обмен визитами
НИУ ВШЭ	Россия	Москва	Горбунов В.Г.	Обмен визитами
НИУ ВШЭ	Россия	Москва	Хорошкин С.М.	Обмен визитами
ПОМИ РАН	Россия	С.-Петербург	Деркачев С.Э.	Совместные работы
ПОМИ РАН	Россия	С.-Петербург	Мудров А.И.	Обмен визитами
ПОМИ РАН	Россия	С.-Петербург	Быцко А.Г.	Обмен визитами
ИФВЭ	Россия	Протвино	Сапонов П.А.	Совместные работы
ИФВЭ	Россия	Протвино	Разумов А.В.	Обмен визитами
ЕрФИ	Армения	Ереван	Апресян Е.	Совместные работы
ЕрФИ	Армения	Ереван	Измаилян Н.Ш.	Совместные работы
ЕрФИ	Армения	Ереван	Ананикян Н.С.	Совместные работы

ЕГУ	Армения	Ереван	Морозов В.Ф.	Совместные работы
ЕГУ	Армения	Ереван	Мамасакхлисов Е.Ш.	Совместные работы
Институт механики БАН	Болгария	София	Бънзарова Н.	Совместные работы
Институт механики БАН	Болгария	София	Пешева Н.	Совместные работы
Центр математических исследований UdeM	Канада	Монреаль	Луценко И.М,	Совместные работы
Caltech	США	Пасадена	Райнс Э.М.	Совместные работы
Университет Уперталя	Германия	Уперталь	Боос Г.	Обмен визитами
Экс-Марсельский Университет	Франция	Марсель	Огиевецкий О.	Совместные работы
Университет Анжера	Франция	Анжер	Рубцов В.	Обмен визитами
Университет Уорвика	Великобритания	Уорвик	Заборонский О.	Совместные работы
Университет Сиднея	Австралия	Сидней	Молев А.	Обмен визитами
Австралийский национальный университет	Австралия	Канберра	Мангазеев В.	Обмен визитами
ИФ НАНБ	Беларусь	Минск	Килин С.Я. +5	обмен визитами
НПЦ НАНБ по материаловедению	Беларусь	Минск	Сайко А.П. +3	обмен визитами
IPR UFRN	Бразилия	Натал	Ферраз А.	совместные работы
CU	Египет	Гиза	Ел Шербини Т.М.	совместные работы
IACS	Индия	Калькутта	Сенгупта К.	совместные работы
IASBS	Иран	Зенджан	Колахчи М.	совместные работы
IPT MAS	Монголия	Улан-Батор	Сангаа Д.	обмен визитами
WUT	Польша	Вроцлав	Миржеевски М.	совместные работы
ИНХ СО РАН	Россия	Новосибирск	Окотруб А.В.+3	обмен визитами
ИФП СО РАН	Россия	Новосибирск	Антонова И.В.+2	обмен визитами
СГУ	Россия	Саратов	Колесникова А.С.	совместные работы
UB	Румыния	Бухарест	Немнес Г.А.	совместные работы
INS "VINCA"	Сербия	Белград	Текич Д.	совместные работы
CU	Словакия	Братислава	Плеценик А.	совместные работы
IEP SAS	Словакия	Кошице	Пудлак М. +1	обмен визитами

UNISA	ЮАР	Претория	Бота А.Е.	совместные работы
UU	Япония	Уцуномия	Ирие А.	совместные работы
СПбГУ	Россия	Санкт Петербург	Гулицкий Н. + 2	совместные работы
РУДН	Россия	Москва	Кулябов Д. + 2	совместные работы
Университет П. П.Й. Шафарика	Словакия	Кошице	Лучивянски + 2	совместные работы
Хельсинский университет	Финляндия	Хельсинки	Хонконен Ю.	совместные работы
Университет в Лейпциге	Германия	Лейпциг	Бордак М.	совместные работы
ИМ БАН	Беларусь	Минск	Малютин В.	совместные работы

2.6. Организации-соисполнители (те сотрудничающие организации/партнеры без финансового, инфраструктурного участия которых выполнение программы исследований по теме невозможно. Пример — участие ОИЯИ в экспериментах LHC в CERN).

3. Кадровое обеспечение

3.1. Кадровые потребности в течение первого года реализации

№.№ п/п	Категория работника	Основной персонал, сумма FTE	Ассоциированный персонал, сумма FTE
1.	научные работники	45/40	
2.	инженеры		
3.	специалисты		
	Итого:	45/40	

3.2. Доступные кадровые ресурсы

3.2.1. Основной персонал ОИЯИ (общее количество участников)

№.№ п/п	Категория работников	Подразделение	Должность	Сумма FTE
1.	научные работники	НОТКС	40	35.1
2.	инженеры			
3.	специалисты			
	Итого:		40	35.1

3.2.2. Ассоциированный персонал ОИЯИ

№.№ п/п	Категория работников	Организация-партнер	Сумма FTE
---------	----------------------	---------------------	-----------

1.	научные работники		
2.	инженеры		
	Итого:		

4. Финансовое обеспечение

4.1. Полная сметная стоимость темы /КИП

№ № п/ п	Наименование работ	Стоим ость	Расходы в год (тыс. долл. США)						
			1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год
1.	Международное сотрудничество (МНТС)	542,0	65,8	70,8	74,9	77,9	81,0	84,1	87,5
2.	Материалы								
3.	Оборудование и услуги сторонних организаций								
4.	Пуско-наладочные работы								
5.	Услуги научно-исследовательских организаций								
6.	Приобретение программного обеспечения								
7.	Проектирование/ строительство								
8.	Сервисные расходы (планируются в случае прямой принадлежности к проекту)								
ВСЕГО:		542,0							

4.2. Внебюджетные источники финансирования

В рамках темы предполагается финансирование со стороны соисполнителей/заказчиков в следующем объеме (указать суммарно по проектам).

СОГЛАСОВАНО:

Главный ученый секретарь Института

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

Директор лаборатории

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

Руководитель ДБиЭП

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

Ученый секретарь лаборатории

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

Руководитель ДНОД

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

Экономист лаборатории

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

Руководитель ДКиД

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

Руководитель темы

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

**Руководитель проекта (шифр проекта) /
(шифр подпроекта КИП)**

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

**Руководитель проекта (шифр проекта) /
(шифр подпроекта КИП)**

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

**Руководитель проекта (шифр проекта) /
(шифр подпроекта КИП)**

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

**Руководитель проекта (шифр проекта) /
(шифр подпроекта КИП)**

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.

**Руководитель проекта (шифр проекта) /
(шифр подпроекта КИП)**

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 202_г.