

Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных

Руководители темы: Адам Г.
Зрелов П.В.

Участвующие страны и международные организации:

Армения, Беларусь, Болгария, Бразилия, Великобритания, Вьетнам, Германия, Грузия, Индия, Италия, Казахстан, Канада, Китай, Литва, Молдова, Монголия, Польша, Россия, Румыния, Саудовская Аравия, Словакия, США, Таджикистан, Франция, ЦЕРН, Чехия, Швейцария, ЮАР, Япония.

Исучаемая проблема и основная цель исследований:

Проведение основополагающих перспективных и опережающих исследований в области вычислительной математики и вычислительной физики, нацеленных на создание новых математических методов, алгоритмов и программ путем решения актуальных задач, возникающих в экспериментальных и теоретических исследованиях, с использованием новейших вычислительных аппаратных ресурсов и прежде всего гетерогенного кластера HybriLIT. Эти задачи связаны с широким спектром исследований проводимых в ОИЯИ в физике высоких энергий, ядерной физике, физике конденсированных сред и нанотехнологиях, биофизике, информационных технологиях и т.д., требующих развития новых математических методов и подходов для моделирования физических процессов обработки и анализа экспериментальных данных, в том числе с применением этих исследований в работах по проекту NICA, нейтринной программе и другим стратегическим задачам ОИЯИ. Отличительной особенностью исследований темы является тесное сотрудничество ЛИТ со всеми лабораториями Института, а также с институтами стран-участниц ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении этапов темы:

1. Математические и численные методы для моделирования сложных физических систем: развитие и использование математических и компьютерных методов для моделирования новых экспериментальных установок, ускорительных комплексов и их элементов, ядерно-физических процессов, сложных физических систем. Построение компьютерных 3D моделей дипольных и квадрупольных магнитов NICA (ОИЯИ) и SIS100 (GSI); вычисление распределений магнитного поля в рабочих областях магнитов. Исследование математических моделей сложных физических процессов в рамках квантово-полевых и молекулярно-динамических уравнений; разработка новых и развитие существующих численных методов для эффективного учета особенностей физических процессов и их математических моделей: нелинейности, многопараметричности, существования критических режимов и фазовых переходов; разработка параллельных алгоритмов и комплексов программ на современных многопроцессорных вычислительных системах, включая кластер HybriLIT, для уточнения моделей, исследования возможностей их совместного использования и сравнения с экспериментальными данными.
2. Программные комплексы и математические методы для анализа экспериментальных данных: разработка новых математических методов для извлечения значимой информации из данных, получаемых в экспериментах, проводимых с участием ОИЯИ; алгоритмы и комплексы программ для решения задач в физике высоких энергий, ядерной физике, физике конденсированных сред, в том числе на ускорительных комплексах LHC, NICA, FAIR, а также экспериментальных установках нейтринной программы ОИЯИ.
3. Разработка численных методов, алгоритмов и программных комплексов, с использованием новых вычислительных технологий для многоядерных и гибридных архитектур с целью решения вычислительно-емких задач теоретической и экспериментальной физики; развитие и поддержка информационно-вычислительной среды гетерогенного кластера HybriLIT.

4. Методы, алгоритмы и программное обеспечение компьютерной алгебры: развитие методов компьютерной алгебры для численного решения дифференциальных уравнений и моделирования квантовых информационных процессов; создание алгоритмов и комплексов программ символьно-численного решения задач, возникающих в экспериментальных и теоретических исследованиях, с использованием новейших вычислительных аппаратных ресурсов, включая гетерогенный кластер HybriLIT.

Ожидаемые результаты по этапам темы в текущем году:

1. Численные исследования модельных уравнений, определяющие поведение барионов при энергиях NICA
Трёхмерное компьютерное моделирование распределения магнитного поля в сверхпроводящих дипольных и квадрупольных магнитах для проектов NICA (ОИЯИ) и FAIR(GSI).
Исследования методом Монте-Карло калибровочно-инвариантных наблюдаемых в рамках решёточной SU(2) глюодинамики при различных граничных условиях.
Усовершенствование генератора QGSM с целью включения экспериментальных эффектов в выходах странных частиц и дилептонов.
Разработка численных и аналитических методов расчета спектров ионизации водородоподобных адронных атомов в эйкональном приближении.
Моделирование электромагнитных каскадов экстремально высоких энергий, анализируемых в нейтринных астрофизических проектах в области сверхвысоких энергий (Байкал, IceCube, Antares).
Анализ взаимодействий стабильных и экзотических ядер с ядрами и частицами на основе микроскопических моделей, включая реакции $^{12,14}\text{Be} + ^{12}\text{C}$ и $^{12,14}\text{Be} + p$
Численное исследование многофакторных физических процессов, описываемых многопараметрическими системами нелинейных уравнений.
Моделирование столкновений тяжелых ионов в диапазоне энергий Ферми на основе транспортного подхода и его использовании при анализе данных КОМБАС.
Численное моделирование быстрого магнитного переворота за счет влияния внешних переменных полей на эффективную магнитную анизотропию.
Компьютерное моделирование спиновой динамики в дипольных и спинорных системах и численное изучение влияния квадратичного эффекта Зеемана на динамику спинов.
Расчёт динамики пучков, измерение кривых Смита-Гаррена и их пересчёт в кривые фазового движения с целью оценки качества формирования магнитных полей и их коррекции для изохронных циклотронов АИС-144 (Краков, Польша), SC-200 (Хефэй, Китай), DC-280 (ЛЯР, ОИЯИ).
Анализ измеренных карт магнитных полей, расчеты динамики пучков и сравнение полученных результатов с результатами расчетов на смоделированных картах магнитных полей (TOSCA, CST).
Разработка численных методов и алгоритмов для исследования фазовых переходов, возникающих в материалах при облучении пучками ионов, в рамках параболического и гиперболического уравнений теплопроводности.
Развитие и поддержка программы первичной обработки "SAS" для спектрометра ЮМО реактора ИБР-2М. Развитие и поддержка новой программы "PSD2SAS" для преобразования данных ПЧД в случае изотропно рассеивающего образца. Разработка алгоритмов для работы с данными для анизотропно рассеивающих образцов. Визуализация и фитирование трехмерных данных.
Развитие метода базисных элементов для решения задач контурного анализа.
Развитие методов, алгоритмов и программ для прогнозирования атмосферного загрязнения в задачах экологического мониторинга на основе машинного обучения.
Разработка математических методов для выявления тонкой структуры в распределениях продуктов ядерных реакций по массе и энергии.
Развитие методов контроля основанного на принципе наименьшего действия в Байесовской автоматической адаптивной квадратуре.
Анализ солитонных РТ-симметричных спинорных систем физики конденсированных сред.

Изучение солитонных решений нелинейного уравнения Шредингера с диссипацией, накачкой и нелинейностью отталкивающего типа, и их применение к анализу частотных гребенок.

Расчет и оптимизация конфигурации магнитного поля большого сверхпроводящего магнита установки SPD в проекте NICA.

Численный анализ методами квантовой химии зависимости обменных взаимодействий в кристаллических оксид-иридиевых составах с изменяемой геометрией локальных связей.

Развитие и использование комплекса программ квазичастично-фононной модели ядра для исследования свойств тяжелых экзотических ядер.

2. Усовершенствование модели FTF пакета Geant4 и уточнение ее параметров для моделирования протон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий при промежуточных энергиях в рамках совместного проекта коллабораций PANDA и HADES - Phase-0 и Phase-1 (GSI).

Моделирование протон-протонных и дейтрон-дейтронных взаимодействий при энергиях нуклон-нуклонных соударений 3 - 15 ГэВ (в системе центра масс) в рамках модели FTF пакета Geant4 для эксперимента NICA/SPD. Адаптация модели FTF для неупругих взаимодействий в вычислительную среду эксперимента NICA/SPD - SPDRoot.

Развитие модели FTF пакета Geant4 для моделирования ядро-ядерных взаимодействий в широкой области энергий и анализа экспериментальных данных BM@N (JINR) и NA61/SHINE, и планирования экспериментов CBM (GSI) и MPD (JINR/NICA).

Участие в разработке баз данных для проекта НИКА.

Участие в создании системы управления реального времени для проекта НИКА.

Ввод в эксплуатацию геометрической базы данных для эксперимента CBM.

Разработка концепции базы данных для полезных событий, отбираемых в эксперименте CBM.

Поддержка разработанных в ЛИТ компонент системы сбора и обработки информации АТЛАС. Поддержка и развитие панелей инструментов для мониторинга сетей АТЛАС. Создание и сопровождение мониторинга проекта АТЛАС EventIndex. Участие в модернизации Condition баз данных АТЛАС для Run3, разработка инструментария для конверсии COOL данных в CREST.

Разработка алгоритмов обработки экспериментальных данных, получаемых с плоскостей микро-стриповых трековых детекторов GEM и SILICON для актуальных конфигураций установки эксперимента BM@N/NICA.

Разработка программного обеспечения для детального моделирования физических процессов, происходящих в газовых и полупроводниковых детекторах основной трековой системы эксперимента BM@N/NICA.

Реконструкция траекторий и идентификация заряженных частиц с помощью трековых и время-пролетных детекторов в эксперименте BM@N.

Исследование возможности построения эффективных нейросетевых алгоритмов реконструкции событий в эксперименте TAIGA.

Эксперимент НУКЛОН: Разработка программы для анализа данных по анизотропии космических лучей. Исследование на модельных данных дополнительных возможностей модифицированных схем анализа информации с тяжелых негерметичных калориметров.

Эксперимент BM@N: Улучшение реконструкции импульсов заряженных частиц, зарегистрированных детекторами GEM при обработке экспериментальных данных. Использование полученных результатов для реконструкции распадов короткоживущих странных и мультистранных барионов.

Продолжение работ по разработке, тестированию и внедрению в официальное программное обеспечение эксперимента CMS алгоритма разделения перекрывающихся сигналов в катодно-стриповых камерах (КСК). Оценка разрешения и эффективности КСК на новых экспериментальных данных с БАК. Завершение работ по изучению эффектов "старения" КСК на тестовом мюонном пучке с облучением радиационным источником (CERN-GIF++).

Исследование структуры и свойств полидисперсных везикулярных систем на основе фосфолипидов по данным малоуглового рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей.

- Использование среднеквадратичной кусочно-полиномиальной аппроксимации высокого порядка для определения характера изменения медленных шумов мощности реактора ИБР-2М.
- Разработка программного обеспечения системы сбора данных для проекта БАЙКАЛ. Разработка алерт-системы.
- Дальнейшее развитие программного обеспечения пакета VMRIA для автоматического анализа больших массивов спектров в экспериментах, проводимых на Фурье дифрактометре высокого разрешения на импульсном реакторе ИБР-2М.
- Развитие методики и программного обеспечения для автоматической калибровки многодетекторных систем.
- Дальнейшее развитие статистических не-параметрических методов для оценки параметров и проверки гипотез при условиях малой статистики данных эксперимента и неполноты наблюдения изучаемых процессов.
- Развитие методов моделирования отражения нейтронов от слоистых наноструктур.
- Разработка критериев и методов отбора экзотических ядер в эксперименте СВМ.
- Разработка триггеров для регистрации редких распадов J/ψ по диэлектронному и димюонному каналам в эксперименте СВМ.
- Исследование статистических особенностей Интернет-трафика. Анализ внешнего воздействия на статистические характеристики информационного трафика.
- Разработка программ для FPGA в составе электроники считывания и сбора данных для эксперимента СВМ.
- Обновление пользовательских библиотек Go4 для системы сбора данных для экспериментов на фрагмент-сепараторе Акулина2 в ЛЯР.
- Развитие основанного на FAIRroot пакета EXPERTroot для моделирования и анализа данных экспериментов на фрагмент-сепараторе Акулина2 в ЛЯР.
- Проведение расчетов электростатических потенциалов для Zn белковых факторов транскрипции.
- Создание новых методов расчета кинетических, термодинамических и оптических параметров промежуточных соединений в реакциях ионов переходных металлов с рядом гетероциклических соединений.
3. Развитие и поддержка сервисов информационно-вычислительной среды гетерогенной платформы HybriLIT включая установку и сопровождение специализированных библиотек и пакетов прикладных программ.
- Оптимизация и анализ производительности разработанных комплексов параллельных программ с использованием различных технологий параллельного программирования.
- Моделирование процессов однократной и двукратной ионизации / фотоионизации молекулы воды.
- Изучение однократной ионизации гелия быстрым протонным воздействием в различные кинематические режимы.
- Разработка и внедрение новых параллельных алгоритмов для проведения расчетов на гибридных архитектурах, включая процессоры Intel Xeon Phi (KNL) и графические ускорители от NVIDIA.
- Развитие и поддержка на кластере HybriLIT программы идентификации частиц в поиске аномального лептона.
- Исследование эффективности различных методик распараллеливания, реализованных в пакете ROOT, при вычислениях на гетерогенном кластере HybriLIT.
- Сопровождение информационного сайта, созданного для поддержки пользователей ROOT в ОИЯИ.
- Оптимизация программного обеспечения, разрабатываемого для решения задач проекта NICA на многопроцессорных вычислительных системах.
- Разработка алгоритмов и модулей программ оптимальной $h-p$ дискретизации разрывным методом наименьших квадратов для параллельного решения нелинейных задач магнитостатики.

Моделирование термоупругих процессов с материалах при их облучении пучками тяжелых ионов на основе согласованного применения методов молекулярной динамики и модели термического пика.

Быстросходящийся алгоритм на основе метода конечных элементов для численного решения 3-х мерных уравнений магнетостатики в среде Комсол позволяющий с высокой точностью находить распределения магнитных полей в дипольных магнитах со сверхпроводящими катушками.

Анализ зарождения и распространения квенча на основе 3-х мерного термо-электрического моделирования в среде Комсол для его точного детектирования в зависимости от метода охлаждения сверхпроводящей катушки.

Развитие методов и параллельных алгоритмов реконструкции треков элементарных частиц на основе нейронных сетей с глубоким обучением для задач проекта НИКА.

Формулировка оптимизационной задачи для нелинейного уравнения теплопроводности и разработка параллельных алгоритмов ее решения на гибридных вычислительных архитектурах.

Разработка новых эффективных алгоритмов позволяющих повысить производительность декодирования кода с малой плотностью проверок на чётность (LDPC) .

4. Разработка алгебраического метода построения квазивероятностных распределений составных конечномерных квантовых систем.

Анализ взаимосвязи между отрицательностью функций Вигнера и перепутанностью смешанных квантовых состояний конечномерных квантовых систем.

Разработка алгоритмических методов построения первого дифференциального приближения разностных схем для систем квазилинейных уравнений в частных производных с полиномиальной нелинейностью.

Построение структур данных для систем нелинейных алгебраических уравнений, допускающих эффективное распараллеливание и реализацию на гетерогенном кластере HybriLIT алгоритмов приведения таких систем к канонической инволютивной форме.

Разработка алгоритмов и создание программ для анализа метастабильных и связанных состояний тримера бериллия с парными реалистическими взаимодействиями в коллинеарной конфигурации.

Разработка алгоритмов и программ генерации ортогонального базиса Баргмана-Мошинского для расчёта спектра коллективной модели ядра.

Разработка эффективного алгоритма расщепления унитарных представлений групп, описывающих квантовые системы, на неприводимые компоненты.

Новые компактные формулы для 3-х, 4-х, 5-ти и 6-ти точечных однопетлевых Фейнмановских интегралов в произвольной размерности пространства - времени.

Основные этапы темы:

Этап темы	Руководители
Лаборатория или другие подразделения ОИЯИ	Основные исполнители
1. Математические и численные методы для моделирования сложных физических систем	Адам Г. Пузынин И.В.
ЛИТ	Адам С., Айрян Э.А., Акишин П.Г., Амирханов И.В., Ахат Р., Барашенков И.В., Боголюбская А.А., Боголюбский И.Л., Войчеховски А.Э., Волохова А.В., Воскресенская О.О., Григорян О., Дикусар Н.Д., Земляная Е.В., Какенов М., Калиновский Ю.Л., Карамышева Т.В., Кутровский Н.А., Лукьянов К.В., Махалдиани Н.В., Михайлова Т.И., Мусульманбеков Ж.Ж., Нечавский А.В., Оганесян К., Ососков Г.А., Полякова Р.В., Сархатов И., Саха Б., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Сюракшина Л.А., Ужинский А.В., Ширикова Н.Ю., Юкалова Е.П., Ямалеев Р.М.

ЛФВЭ	Геворгян С.Р., Жежер В., Капишин М.Н., Кечечян А.О., Коваленко А.Д., Перепелкин Е.Е., Рогачевский О.В., Ходжибагиян Г.Г.
ЛТФ	Блашке Д., Гнатич М., Джолос Р.В., Ильгенфриц Е.-М., Лукьянов В.К., Сушков А.В., Тонеев В.Д., Фризен А.В., Юкалов В.И., Юшанхай В.Ю.
ЛЯР	Артюх А.Г., Лукьянов С.М., Пенионжкевич Ю.Э., Пятков Ю.В., Середа Ю.М., Соболев Ю.Г., Эрдэмчимэг Б., 1 чел.
ЛНФ	Иваньков А.И., Куклин А.И., Соловьев Д.В., Фронтасьева М.В., 3 чел.
ЛЯП	Афанасьев Л.Г., Доля С.Н., Карамышева Г.А., Киян И.Н., Малинин В.А., Попов Д.В.
2. Программные комплексы и математические методы для анализа экспериментальных данных	Зрелов П.В. Иванов В.В.
ЛИТ	Аблязимов Т.О., Акишина Е.П., Александров Е.И., Александров И.Н., Баранов Д.А., Белогуров С.Г., Войтишин Н.Н., Воскресенская О.О., Дереновская О.Ю., Дикусар Н.Д., Жабицкая Е.И., Земляная Е.В., Злоказов В.Б., Казаков А.А., Казымов А.И., Кисель П.И., Козлов Г.Е., Костенко Б.Ф., Круглова Л.Ю., Лебедев С.А., Минеев М.А., Овчаренко Е.В., Пальчик В.В., Полозов Р.В., Сатышев И., Слепнев С.К., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Соснин А.Н., Ужинский В.В., Филозова И.А., Шигаев В.Н., Яковлев А.В.
ЛФВЭ	Батюк П.Н., Батюня Б.В., Васильев С.Е., Галоян А.С., Герценбергер К.В., Голунов А.О., Голутвин И.А., Горбунов Н.В., Ершов Ю.В., Зарубин А.В., Каменев А.Ю., Капишин М.Н., Каржавин В.Ю., Ладыгин В.П., Ленивенко В.В., Маканькин А.М., Малахов А.И., Мерц С.П., Мовчан С.А., Морозов А.Н., Перелыгин В.В., Петухов Ю.П., Рогачевский О.В., Румянцев М.М., Сапожников М.Г., Спасков В.Н., Топилин Н.Д.
ЛЯР	Белогуров С.Г., Худоба В., Утенков В.К., Фомичев А.С., Цыганов Ю.С.
ЛНФ	Балагуров А.М., Белушкин А.В., Бобриков И.А., Киселев М.А., Козленко Д.П., Маношин С.А., Пепельшев Ю.Н.
ЛЯП	Бедняков В.А., Бедняков И.В., Белолоптиков И.А., Бруданин В.Б., Жемчугов А.С., Ольшевский А.Г., Понтекорро Д.Б., Ткачев Л.Г., Шайбонов Б.А.
УНЦ	Пакуляк С.З.

3. Разработка численных методов, алгоритмов и программ, с использованием новых вычислительных технологий для многоядерных и гибридных архитектур.

Адам Г.
Зрелов П.В.
Стрельцова О.И.

ЛИТ

Айриян А.С., Александров Е.И., Баранов Д.А., Башапин М.В., Беляков Д.В., Бутенко Ю.А., Буша Я.мл., Волохова А.В., Григорян О., Гусев А.А., Жабицкая Е.И., Заикина Т.Н., Земляная Е.В., Зуев М.И., Киракосян М.Х., Лыу Д.В.А., Матвеев М.А., Мицын С.В., Ососков Г.А., Подгайный Д.В., Пузынина Т.П., Рихвицкий В.С., Сапожников А.А., Сапожникова Т.Ф., Саркар Н.Р., Сердюкова С.И., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Торосян Ш.Г., Тухлиев З.К., Шарипов З.А., Червяков А.М., Чулуунбаатар О., Юлдашев О.И., Юлдашева М.Б.

ЛИТ-МИВК

Кореньков В.В., Мицын В.В., Стриж Т.А.

ЛЯР

Казаринов Н.Ю., Рымжанов Р.А., Скуратов В.А.

ЛТФ

Блашке Д.Б., Веницкий С.И., Неделько С.Н., Попов Ю.В., Шукринов Ю.М.

ЛЯП

Карамышева Г.А., Ширков Г.Д., Степаненко Ю.Ю.

ЛНФ

Аскеров Э.Б.

ЛФВЭ

Бойцов А.Ю., Беляев А.В., Донец Е.Е., Голутвин И.А., Никитин В.А., Рогачевский О.В., 2 чел.

4. Методы, алгоритмы и программное обеспечение компьютерной алгебры

Гердт В.П.

ЛИТ

Абгарян В., Боголюбская А.А., Гусев А.А., Корняк В.В., Палий Ю., Рапортиренко А.М., Рогожин И.А., Тарасов О.В., Торосян А.Г., Чулуунбаатар О., Хведелидзе А.М., Янович Д.А.

ЛТФ

Веницкий С.И., Казаков Д.И., Мележик В.С., Титов А.И., Физиев П., Чижов А.В.

ЛЯР

Гикал Б.Н.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт или лаборатория	Участники	Статус
Армения	Ереван	ННЛА	Ананьян Н. + 2чел.	Совместные работы
		ЕГУ	Оганесян К. Чубарян Э.	Совместные работы
		РАУ	Багдасарян Д.А. Казарян Е.М. Саркисян А.А.	Совместные работы
		ИПИА НАН РА	Геворкян А.С.	Совместные работы

Беларусь	Минск	ИМ НАНБ БГТУ	Янович Л.А. + 4чел. Грода Я.Г.	Совместные работы Совместные работы
Болгария	София	IMI BAS INRNE BAS	Колковска Н. + 4 чел. Богданова Н. + 1 чел. Гайдаров М. Димитрова С. Кадрев Д. Купенова Т.Н.	Совместные работы Совместные работы Совместные работы
		SU	Димова С. + 2 чел. Младенов Д. Христов И.Г. Христова Р.Д. Атанасова П.Х.	Совместные работы Совместные работы
Вьетнам	Пловдив	PU		Совместные работы
	Ханой	VNU	Во Чонг Тхак Нгуен Ван Хьеу + 2 чел.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси	GTU	Ломидзе И.	Совместные работы
		TSU	Георгадзе Г.	Совместные работы
		UG	Гогилидзе С.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата	РГП ИЯФ	Красовицкий П.М. Пеньков Ф.М.	Совместные работы
Молдова	Кишинев	МолдГУ	Базнат М.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	NUM	Будням С. Жанлав Т. Батгэрэл Б.	Совместные работы Совместные работы
		IPT MAS MUST	Улзийбаяр В.	Совместные работы
Польша	Варшава	WUT	Плута Я. Словински Б.	Совместные работы
	Вроцлав	UW	Блашке Д. + 3 чел. Вергилик А.	Совместные работы
	Краков	NINP PAS	Суликовский Я.	Совместные работы
	Люблин	UMCS	Гоздз А. Доброволски А. Педрак А. Полянски А. Сандач А. Словински Б. Шута М.	Совместные работы Совместные работы
Россия	Москва	NCBJ		Совместные работы
		ИПМ РАН	Вабищевич П.Н. Калиткин Н.Н. Поляков С.В.	Договор
		ИОФ РАН ИТЭФ	Егоров А.А. + 1 чел. Брагута В. Гаврилов В. Никитенко А. Кодолова О.	Совместные работы Совместные работы
		МГУ	Алфимов Г.Л.	Совместные работы
		МИЭТ	Воеводин В.В.	Совместные работы
		НИВЦ МГУ НИФХИ НИЦ КИ	Дзябченко А.В. Иванов Ю.Б.	Совместные работы Совместные работы

		НИЯУ “МИФИ”	Воскресенский Д.Н. + 1 чел. Кудряшов Н.А. Крянев А.В. Климанов В.А.	Совместные работы
		ОИВТ РАН	Качалов В.В.	Совместные работы
		РУДН	Бронников К.А. Рыбаков Ю.П. Севастьянов Л.А. + 2 чел.	Совместные работы
Гатчина		НИЦ КИ ПИЯФ	Кузнецова К. Кириянов А.К. Олешко С.А. Митин А.В.	Совместные работы
Долгопрудный		МФТИ	Гладышев П.П.	Совместные работы
Дубна		Гос. ун-т “Дубна”	Крюков Ю.А. Стадник А.В.	Совместные работы
Пермь		ПГНИУ	Хеннер В.К.	Совместные работы
Протвино		ИФВЭ	Битюков С.И. + 2 чел.	Совместные работы
Пушцино		ИМПБ РАН	Лахно В.Д.	Совместные работы
		ИБ РАН	Чиргадзе Ю.Н.	Совместные работы
С.-Петербург		НИИЭФА	Кухтин В.П. Ламзин Е.А. Сычевский С.Е.	Совместные работы
Саратов		СГУ	Блинков Ю.А. + 1 чел. Дербов В.Л.	Совместные работы
Томск		ТГУ	Наприенко Е.Н. Скорик Н.А.	Совместные работы
Румыния	Бухарест	IFIN-НН	Ангел Д. Висинеску М. Дима М.-О. Дулеа М. + 6 чел. Замфир Н.В. Исар А. + 2 чел.	Гранты и проекты в рамках программы “Хулубей- Мещеряков”
		IFA	Бузату Ф.	Совместные работы
		ISS	Севченко А. Стан Й.	Совместные работы
		UB	Штефанеску Д.	Протокол
	Клуж-Напока	INCDTIM	Альберт С. Белеан Б. Бенде А. Бот А. Вароди К. Мурариу Т. Надь Ж. Труска Р. Фаркас Ф. Флоаре К.	Гранты и проекты в рамках программы “Хулубей- Мещеряков”
	Тимишоара	UVT	Визман Д.	Совместные работы
Словакия	Банска Бистрица	UMB	Коломейцев Е.	Совместные работы
	Кошице	IEP SAS	Вала М. Копчанский П.	Совместные работы

		TUKE	Буша Я. + 2 чел. Вальова Л. Покорны И. Прибиш Я.	Совместные работы
		PJSU	Гнатич М. Торок Ч.	Совместные работы
Чехия	Прага	CTU	Броулим Я.	Совместные работы
Германия	Бонн	UniBonn	Вебер А.	Совместные работы
	Гамбург	Ун-т	Книль Б.А.	Совместные работы
	Дармштадт	GSI	Акишина В.П. Васильев Ю.О. Галатюк Т. Зенгер П. Зенгер А. Зызак М.И. Фишер Э. Фризе В.	Совместные работы
		Дрезден	IFW	Хозои Л.
	Кассель	Uni Kassel	Зайлер В.М.	Совместные работы
	Мюнхен	LMU	Вольтер Х.	Совместные работы
	Франкфурт/М	Ун-т	Кисель И.В. Линденштрут В. Шоффлер М.	Совместные работы
Италия	Бари	UniBa	Ла Скала Р.	Совместные работы
ЮАР	Кейптаун	UCT	Алексеева Н.	Соглашение
	Стелленбос	SU	Коули А.	Соглашение
Бразилия	Сан-Карлос	IFSC USP	Багнато В.С.	Совместные работы
Великобритания	Бат	UB	Скрябин Д.	Совместные работы
	Лондон	Imperial College	Никитенко А.	Совместные работы
Индия	Калькутта	JU	Рахаман Ф.	Совместные работы
Канада	Торонто	IBM Lab	Абрашкевич А.	Совместные работы
	Эдмонтон	U of A	Сафухи Х.	Совместные работы
Китай	Наньнин	GUFN	Ванг Д.	Совместные работы
Литва	Каунас	VMU	Девейкис А.	Совместные работы
Саудовская Аравия	Тувал	KAUST	Ляхов Д. Михелс Д.	Совместные работы
США	Дейвис	UCDavis	Кокс Т.	Совместные работы
	Дарем	NCCU	Суслов В. Филихин И.	Совместные работы
	Кембридж	MIT	Пацок М. Сегара Е.	Совместные работы
Таджикистан	Лос-Аламос	LANL	Саксена А.	Совместные работы
	Душанбе	THU	Абдулоев Х. + 3 чел. Рахимов Ф.	Совместные работы
		ФТИ АН РТ	Муминов Х.Х. Хохлов А.Х.	Совместные работы
	Худжанд	ХГУ	Додожонов Е.Д. Муллождонов М.М. Муртазаев Х. Музафаров Д.З.	Совместные работы

Франция ЦЕРН	Мец Женева	UL ЦЕРН	Джулакян Б.Б. Аволио Дж. Астигаррага Е. Барберис Д. Галлас Э. Озгурк Н. Рибон А. + 5 чел. Христов П.	Совместные работы Совместные работы
Швейцария Япония	Цюрих Осака Сайтама	ETH Kansai Univ. SU	Сорнетт Д. Кук Н.Д. Мисаки А.	Совместные работы Совместные работы Соглашение