

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

Руководители темы: Адам Г.
Зрелов П.В.
Заместители: Буша Я.
Чулуунбаатар О.

Участвующие страны и международные организации:

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

Изучаемая проблема и основная цель исследований:

Проведение основополагающих перспективных и опережающих исследований в области вычислительной математики и физики, нацеленных на создание новых математических методов, алгоритмов и программ для решения актуальных задач, возникающих в ходе научных исследований в области экспериментальной и теоретической физики. Эти задачи связаны с широким спектром проводимых в рамках научных проектов, утвержденных для выполнения в течение семилетнего периода 2017–2023 гг. в ОИЯИ исследований в физике высоких энергий, ядерной физике, физике конденсированных сред и наноструктур, биофизике и информационных технологиях, решение которых неотделимо от использования вычислительной техники. Такими вопросами первостепенной важности в ОИЯИ являются проект NICA, нейтринная программа, нейтронные исследования, физика сверхтяжелых и экзотических ядер. Численные или символично-численные вычисления будут выполняться на Многофункциональном информационно-вычислительном комплексе (МИВК), в первую очередь на гетерогенной вычислительной платформе HybriLIT (включающей в себя учебно-тестовый полигон и суперкомпьютер "Говорун") и создаваемой распределенной инфраструктуре Больших данных. В состав исследовательских коллективов входят как опытные ученые с выдающимися научными достижениями, так и увлеченные молодые ученые и инженеры. Запрашиваемое финансирование будет покрывать заработную плату, участие в научных конференциях, научные поездки и приобретение минимального количества персональных компьютеров и лицензий в рамках утвержденных ресурсов для ЛИТ-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. Разработка и использование математических и вычислительных методов для моделирования новых экспериментальных установок, ускорительных комплексов и их элементов, ядерно-физических процессов, сложных физических систем. 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 их реализации в программных пакетах, настроенных на использование современных аппаратных архитектур, в первую очередь – гетерогенной вычислительной платформы 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 в ОИЯИ или с участием ОИЯИ; алгоритмы и комплексы программ для решения задач в физике высоких энергий, ядерной физике, физике конденсированных сред, физике радиационной биологии, в том числе на ускорительных комплексах LHC, NICA, FAIR, а также экспериментальных установках нейтринной программы ОИЯИ. Разработка алгоритмов нейронных сетей глубокого обучения станет важной частью этого этапа.
3. Разработки для многоядерных и гибридных архитектур включают: развитие и поддержка информационно-вычислительной среды гетерогенной вычислительной платформы HybriLIT, представляющей учебно-тестовый полигон и суперкомпьютер "Говорун", развитие численных методов, алгоритмов и комплексов программ, разрабатываемых на основе технологий параллельного программирования при помощи OpenMP, MPI, CUDA/OpenCL, методов машинного обучения и глубокого обучения (ML/DL), предназначенных для

эффективного использования многоядерных и гибридных архитектур с целью решения массивно-параллельных, ресурсоемких задач теоретической и экспериментальной физики с учетом тенденций развития вычислительных архитектур и IT-технологий, позволяющих реализовать необходимую функциональность для разнообразных высокопроизводительных вычислительных средств и существенно ускорить решение широкого спектра задач, стоящих перед ОИЯИ.

Аналитика Больших данных: разработка концепции и поэтапная реализация в рамках подхода Больших данных масштабируемой программно-аналитической платформы для сбора, хранения, обработки, анализа, поиска значимой информации и визуализации результатов для экспериментов MPD и BM@N на ускорительном комплексе NICA и группы экспериментов нейтринной программы ОИЯИ; разработка методов и программного обеспечения для эффективного применения аналитики Больших данных; создание системы для интеллектуального мониторинга распределенных вычислительных систем на основе платформы аналитики Больших данных с использованием потоковых данных и методов анализа временных рядов.

4. Развитие методов, алгоритмов и программного обеспечения компьютерной алгебры и квантовых вычислений для моделирования квантовых информационных процессов; создание алгоритмов и программ символьно-численного решения задач, возникающих в экспериментальных и теоретических исследованиях, с использованием новейших вычислительных аппаратных ресурсов, включая гетерогенную платформу HybridIT.

Ожидаемые результаты по этапам темы в текущем году:

1. Трехмерное компьютерное моделирование сверхпроводящих магнитов в рамках проектов NICA (ОИЯИ) и FAIR (GSI, Дармштадт). Построение карт распределения магнитного поля в рабочих областях магнитов с целью дальнейшего их применения для моделирования физических процессов.

Решение нестандартных задач магнитостатики, возникающих из-за ROT-асимметрии при делении тяжелых ядер.

Разработка комплексной модели изохронного циклотрона с использованием пакета COMSOL Multiphysics.

Развитие математической модели и расчёт динамики пучков в изохронных циклотронах на основе использования уравнений движения.

Математическое моделирование магнитных полей в изучении поляризационных явлений и спиновых эффектов.

Обобщение модели Намбу–Иона-Лазинио с петлей Полякова для анализа экспериментальных данных, возникающих в результате столкновений тяжелых ионов в области энергий коллайдера NICA.

Исследование изменений дефектных структур под действием облучения в рамках метода молекулярной динамики.

Численное моделирование воздействия двойного фемтосекундного лазерного импульса на мишени из различных материалов.

Численное моделирование перемагничивания в наномангнитных материалах с использованием эффекта чирпирования.

Компьютерное моделирование квантовых твердых тел с дислокациями, обладающими сверхтекучими свойствами.

Исследование ядерно-физических процессов на основе гибридного микроскопического потенциала с использованием различных моделей плотности сталкивающихся ядер.

Численное исследование структуры фосфолипидных мембран в везикулярных системах по данным малоуглового рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей.

Разработка робастных численных методов исследования сложных процессов в слоистых джозефсоновских структурах и системах сверхпроводящей спинтроники.

Численный анализ частицеподобных решений в многомерной теории поля и уединенных волн в моделях конденсированных сред.

Численное исследование основных характеристик электромагнитных каскадных ливней в области энергий $E \geq 10^{15}$ эВ.

Поиск решений типа черных дыр, червоточин и солитонов из самосогласованной системы уравнений Эйнштейна-Максвелла-Дирака.

Обновление программы первичной обработки SAS для спектрометра ЮМО реактора ИБР-2М для обработки данных с позиционно-чувствительного детектора в случае анизотропно рассеивающих образцов.

Развитие программы FITTER за счет увеличения числа теоретических моделей, улучшения её производительности и GPU интерфейса для обработки экспериментальных данных.

Разработка метода экстраполяции в рамках метода базисных элементов (МБЭ) на неравномерных трехточечных сетках для обработки данных и численного решения задач обыкновенных дифференциальных уравнений.

Продолжение работ по использованию МБЭ для обработки и анализа нейтронных шумов реактора ИБР-2М.

Применение МБЭ для аппроксимации зависимости энергетических потерь заряженных частиц в ионизационной камере (эксперимент STAR).

Реализация байесовской автоматической адаптивной квадратуры с двумя интерполяционными правилами.

Моделирование взаимодействия электронов с решеткой в лазере на свободных электронах типа Смита-Перселла.

Разработка методов извлечения спектра масс нейтронных звезд на основе сравнения результатов моделирования эволюции их охлаждения с данными наблюдений поверхностных температур пульсаров.

Моделирование реакций фрагментации тяжелых ионов в смешанном транспортно-статистическом подходе.

Численный анализ параметров кристаллического поля в магнитных редкоземельных системах с помощью методов квантовой химии.

Численное исследование рассеяния электронов на много-волнистой графеновой структуре.

2. Настройка моделей FTF и QGS пакета Geant4 для рождения очарованных частиц.

Моделирование и анализ ядро-ядерных взаимодействий при энергиях NICA в адронных моделях Geant4 – FTF и QGS.

Дальнейшее расширение Монте-Карло генератора столкновений тяжелых ионов DCM-SMM функциями, обусловленными потребностями проектов NICA.

Использование DCM-SMM для массового моделирования событий для BM@N, SRC и MPD и участие в анализе данных с экспериментов, проводимых на этих установках.

Разработка алгоритмов юстировки время-проекционной камеры детектора MPD.

Дальнейшее развитие комплекса баз данных для экспериментов CBM, BM@N и MPD.

Разработка и имплементация алгоритмов моделирования и реконструкции данных в трековых детекторах эксперимента BM@N.

Моделирование методом Монте-Карло в рамках фреймворка FAIRRoot и Geant4 экспериментов с прототипом детектора ОЛВЭ-HERO в ходе тестирований на ускорителе SPS в ЦЕРН.

Разработка методов и алгоритмов для идентификации распределения направлений прибытия космических лучей по данным спутникового эксперимента НУКЛОИОН отдельно для событий с адронными и электромагнитными ливнями.

Поддержка программного обеспечения эксперимента ATLAS: развитие и сопровождение настройки и управления ATLAS TDAQ, проекта EventIndex для подготовки к RUN3, формата данных CREST и клиентской библиотеки CREST.

Разработка методов оценки характеристик катодно-стриповых камер с обновленной электроникой в эксперименте CMS.

Разработка моделей, методов, алгоритмов и программного обеспечения для отбора редких процессов в эксперименте CBM.

3. Развитие методов и алгоритмов машинного и глубокого обучения, а также алгоритмов на базе компьютерного зрения для автоматизации анализа данных радиобиологических исследований лабораторных животных и радиобиологических экспериментов.

Разработка эффективных, масштабируемых алгоритмов на основе нейросетевого подхода для задач реконструкции множественных треков в экспериментах физики высоких энергий, в том числе для мегапроекта NICA.

Оптимизация наиболее затратных по времени частей алгоритмов, использующихся для моделирования и реконструкций событий в экспериментах NICA при помощи технологий высокопроизводительных вычислений, таких как OpenMP, MPI, CUDA/OpenCL.

Применение методов машинного обучения для моделирования и анализа свойств линейных структур в массовом распределении продуктов ядерных реакций.

Дальнейшая разработка методов и алгоритмов машинного и глубокого обучения для прогнозирования состояния окружающей среды и определения болезней растений.

Развитие и реализация гибридных алгоритмов с конечными и граничными элементами для эффективного решения сложных нелинейных проблем магнитостатики с высоко-аспектными геометриями в среде COMSOL Multiphysics.

Применение параллельного метода асинхронной дифференциальной эволюции и других методов минимизации для исследования многопараметрических моделей ядерной физики и физики конденсированного состояния.

Развитие методов и комплексов программ для высокопроизводительного исследования многопараметрических физических моделей, описываемых системами нелинейных дифференциальных уравнений (включая модели сверхпроводящих структур и газогидродинамики в пористых средах).

Разработка и реализация параллельных алгоритмов и программ для молекулярно-динамического моделирования дефектных структур на платформе HybriLIT.

Адаптация для GPU компоненты платформы HybriLIT набора инструментов ROOT, предназначенных для максимально правдоподобного фитирования и моделирования ожидаемого распределения событий в физическом анализе.

Завершение разработки параллельной версии программы для столкновений тяжелых ионов и её включение в библиотеку программного обеспечения JINRLIB.

Разработка параллельных алгоритмов для больших случайных матриц.

Решение мульти-физических задач в рамках проектирования ускорителей, дозиметрии и радиационной безопасности.

Разработка параллельных алгоритмов и программ для высокоточного решения нелинейных задач магнитостатики с помощью разрывного метода высокого порядка аппроксимации и двухуровневых методов декомпозиции области.

Продолжение разработки параллельных алгоритмов решения оптимизационных задач по байесовскому выбору наилучших модельных параметров ядерной материи для исследований моделирования столкновений тяжелых ионов и астрофизики компактных звезд.

Применение минимальной информационной энтропии как критерия выбора кода к итерационному процессу декодирования кодов с малой плотностью проверок на чётность (LDPC).

Разработка вычислительных схем минимакс оптимизации для вычисления релятивистских энергий основного и возбужденного состояний одноэлектронных гомоядерных сверхтяжёлых димеров и тримеров.

Исследование возможности использования библиотечных программ на Фортране (из JINRLIB, CERNLIB) современными языками программирования (Python, C#).

Численное моделирование комптоновской двойной ионизации атомов гелия вблизи порога.

Развитие прототипа системы интеллектуального мониторинга распределенных вычислительных систем для потоковых данных (компьютерная инфраструктура, сети передачи данных, информационная безопасность).

Применение методов и технологий машинного обучения и искусственного интеллекта для оптимизации функционирования и обеспечения безопасности распределенного компьютеринга физических экспериментов.

Развитие алгоритмов моделирования, реконструкции и классификации/идентификации событий, а также подходов и методов интеллектуального мониторинга детекторов физических экспериментов на гибридных системах.

Выбор и внедрение решения бизнес-аналитики для гетерогенной вычислительной среды, позволяющей решать задачи анализа и визуализации результатов физических экспериментов, систем мониторинга и других приложений.

Применение созданных методов и алгоритмов аналитики Больших данных к решению актуальных прикладных задач из других областей науки, в том числе для социально-экономических исследований.

4. Анализ ошибок, вносимых оборудованием 5-кубитных квантовых компьютеров фирмы IBM, на примерах квантовой телепортации.

Разработка квантовых алгоритмов свёртки тензорных сетей для моделирования фазовых переходов в КХД на решётке.

Расчет показателей неклассичности малоразмерных квантовых систем, основанных на отрицательности функций Вигнера.

Сравнительный анализ вероятности сепарабельности/перепутанности с показателями неклассичности малоразмерных квантовых систем.

Приложение метода эволюционных уравнений Боголюбова в квантовой теории поля к описанию открытых конечномерных квантовых систем.

Разработка и реализация алгоритмов изучения запутанности в моделях квантовых систем, основанных на унитарных представлениях сплетений конечных групп.

Разработка и реализация новых эффективных алгоритмов исследования и решения систем нелинейных алгебраических уравнений, основанных на использовании ресурсов GRID среды и на построении нового инволютивного деления мономов.

Разработка новых конечноэлементных схем, ориентированных на расчёт спектра коллективной модели ядра.

Вывод функциональных уравнений для 5-ти и 6-ти точечных однопетлевых фейнмановских интегралов с массивными пропагаторами.

Основные этапы темы:

Этап темы

Лаборатория или другие подразделения ОИЯИ

1. Математические и численные методы для моделирования сложных физических систем

ЛИТ

ЛФВЭ

ЛТФ

ЛЯР

ЛНФ

ЛЯП

2. Программные комплексы и математические методы для анализа экспериментальных данных

ЛИТ

ЛФВЭ

ЛТФ

Руководители

Основные исполнители

Адам Г.

Буша Я.

Пузынин И.В.

Адам С., Айриян А.С., Айрян Э.А., Акишин П.Г., Амирханов И.В., Атанасова П.Х., Барашенков И.В., Башакин М.В., Боголюбская А.А., Боголюбский И.Л., Воскресенская О.О., Григорян О., Дикусар Н.Д., Земляная Е.В., Какенов М., Калиновский Ю.Л., Карамышева Т.В., Кулябов Д.С., Лукьянов К.В., Махалдиани Н.В., Михайлова Т.И., Никонов Э.Г., Оганесян К., Подгайный Д.В., Полякова Р.В., Пузынина Т.П., Рихвицкий В.С., Саркер Н.Р., Сархадов И., Саха Б., Сердюкова С.И., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Стрельцова О.И., Стюрашкина Л.А., Тухлиев З.К., Червяков А.М., Шарипов З.А., Ширикова Н.Ю., Юкалова Е.П., Юлдашев О.И., Юлдашева М.Б., Ямалеев Р.М.

Агакишиев Г.Н., Бойцов А.Ю., Донец Е.Е., Коваленко А. Д., Ладыгин В.П., Перепелкин Е. Е., Ходжибагиян Г.Г.

Альварес-Кастильо Д.Э., Блашке Д. Б., Воронов В.В., Воскресенский Д.Н., Гнатич М., Джолос Р.В., Коломейцев Е.Э., Лукьянов В.К., Назмитдинов Р.Г., Папоян В.В., Пестов А.Б., Севастьянов Л.А., Тонеев В.Д., Фризен А.В., Хворостухин А.С., Юкалов В.И., Юшанхай В.Ю.

Артюх А.Г., Рымжанов Р.А., Серета Ю.М., Скуратов В.А., Эрдэмчимэг Б.

Аскеров Э.Б., Иваньков О.И., Куклин А.И., Новицкий В.В., Пепельшев Ю.Н.

Карамышева Г.А., Киян И.Н., Малинин В.А., Попов Д.В., Торосян Г.Т.

Зрелов П.В.

Иванов В.В.

Акишина Е.П., Александров Е.И., Александров И.Н., Баранов Д.А., Войтишин Н.Н., Дереновская О.Ю., Злоказов В.Б., Иванов Вал.В., Казымов А.И., Костенко Б.Ф., Минеев М.А., Мусульманбеков Ж.Ж., Пальчик В.В., Полозов Р.В., Рихвицкий В.С., Сапожникова Т.Ф., Сатышев И., Слепнев С.К., Соснин А.Н., Ужинский В.В., Филозова И.А., Шигаев В.Н., Яковлев А.В.

Батюк П.Н., Батюня Б.В., Бычков А.В., Галоян А.С., Герценбергер К.В., Голутвин И.А., Горбунов Н.В., Дряблов Д.К., Жежер В.Н., Зарубин А.В., Каменев А.Ю., Капишин М.Н., Каржавин В.Ю., Ленивенко В.В., Макашкин А.М., Мерц С.П., Морозов А.Н., Пацок М., Перельгин В.В., Петухов Ю.П., Разин С.В., Рогачевский О.В., Румянцев М.М., Спасков В.Н., Шиманский С.С., Шматов С.В.

Назмитдинов Р.Г., Тонеев В.Д.

ЛЯР	Утенков В.К., Цыганов Ю.С.
ЛНФ	Балагуров А.М., Белушкин А.В., Козленко Д.П., Маношин С.А.
ЛЯП	Бедняков В.А., Бедняков И.В., Белолоптиков И.А., Бруданин В.Б., Гребенюк В.М., Ольшевский А.Г., Пан А.Е., Понтекорво Д.Б., Прокошин Ф.В., Ткачев Л.Г., Шайбонов Б.А.
УНЦ	Пакуляк С.З.
3. Разработка численных методов, алгоритмов и программ для многоядерных и гибридных архитектур и аналитика Больших данных.	Адам Г. Чулуунбаатар О. Стрельцова О.И. Кореньков В.В. Зрелов П.В.
ЛИТ	Айриян А.С., Атанасова П.Х., Бадреева Д.Р., Баранов Д.А., Башашин М.В., Белов С.Д., Беляков Д.В., Бутенко Ю.А., Буша Я., Буша Я. мл., Волохова А.В., Гончаров П.В., Григорян О., Гусев А.А., Джавадзаде Дж. Н. оглы, Жабицкая Е.И., Земляная Е.В., Зуев М.И., Кадочников И.С., Какенов М., Калиновский Ю.Л., Матвеев М.А., Нечаевский А.В., Ососков Г.А., Папоян В.В., Подгайный Д.В., Попкова Л.В., Пузынина Т.П., Сапожников А.А., Сапожникова Т.Ф., Семенов Р.Н., Соловьева Т.М., Стадник А.В., Тухлиев З.К., Ужинский А.В., Шарипов З.А., Червяков А.М., Чулуунбаатар Г., Чулуунбаатар О., Юлдашев О.И., Юлдашева М.Б.
ЛИТ-МИВК	Мицын В.В., Стриж Т.А.
ЛФВЭ	Бойцов А. Ю., Донец Е.Е., Рогачевский О.В.
ЛТФ	Виницкий С.И., Иванов Ю.Б., Либинг С., Маслов К.А., Назмитдинов Р.Г., Попов Ю.В., Рахмонов И.Р., Шукринов Ю.М.
ЛЯР	Кабытаева Р., Митрофанов С.В., Оганесян Ю.Ц., Пятков Ю.В.
ЛНФ	Киселев М.А., Кучерка Н., Фронтасьева М.В.
ЛЯП	Жемчугов А.С., Карамышева Г.А., Ширков Г.Д.
ЛРБ	Енягина И.М., Колесникова И.А.
4. Методы, алгоритмы и программное обеспечение компьютерной алгебры и квантовых вычислений	Гердт В.П.
ЛИТ	Аббаслы Н., Абгарян В., Буреш М., Гусев А.А., Корняк В.В., Коткова Е.А., Палий Ю., Рапортиренко А.М., Рогожин И.А., Тарасов О.В., Торосян А.Г., Чулуунбаатар О., Хведелидзе А.М., Янович Д.А.
ЛТФ	Виницкий С.И., Неделько С.Н., Титов А.И., Физиев П., Юкалов В.И.
ЛФВЭ	Рогачевский О.В.
ЛРБ	Чижов А.В.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт или лаборатория	Участники	Статус
Армения	Ереван	ЕГУ	Геворгян А. Чубарян Э.	Протокол
		ИПИА НАН РА ННЛА	Геворкян А.С. Ананикян Н. + 2 чел. Измаилян Н.Ш.	Протокол Протокол
		РАУ	Пилоян А.	
Беларусь	Брест	БрГУ	Саркисян А.А.	Совместные работы
	Гомель	ГГТУ	Кац П.Б. + 1 чел.	Совместные работы
	Минск	ИМ НАНБ	Куручка К.С. + 2 чел. Егоров А.Д. Малюгин В.Б.	Протокол Совместные работы
Болгария	Пловдив София	РУ	Панайотова С.А.	Совместные работы
		IMI BAS INRNE BAS	Колковска Н. + 4 чел. Богданова Н. + 1 чел.	Совместные работы Совместные работы
		SU	Гайдаров М.К. Димитрова С. Кадрев Д. Купенова Т.Н. Димов Х.Д. Димова С. + 2 чел. Младенов Д. Порязов С. + 1 чел. Христов И.Г. Христова С.А.	Совместные работы
Бразилия	Сан-Карлос	IFSC USP	Багнато В.С.	Совместные работы
Великобритания	Лондон	Imperial College	Никитенко А.	Совместные работы
	Оксфорд	Ун-т	Галлас Э.	Совместные работы
	Плимут	Ун-т	Робертц Д.	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Барнафольди Г. Варро Ш.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой	VNU	Во Чонг Тхак Нгуен В. Х. + 2 чел.	Совместные работы
Германия	Берлин	МБИ	Беккер В.	Совместные работы
	Бонн	UniBonn	Вебер А.	Совместные работы
	Гамбург	Ун-т	Книль Б.А.	Совместные работы
	Гейдельберг	МРІК	Кейтель К.	Совместные работы
	Гисен	JLU	Хёне К.	Совместные работы
	Дармштадт	GSI	Акишина В.П. Васильев Ю.О. Галатюк Т. Зенгер П. Сугита К. Тупель С. Фризе В.	Совместные работы
	Дрезден	IFW	Хозои Л.	Совместные работы
	Карлсруэ	KIT	Погосян Г.	Совместные работы
	Кассель	Uni Kassel	Зайлер В.М.	Совместные работы
	Мюнхен	LMU	Вольтер Х.	Совместные работы
Росток	Ун-т	Рёпке Г.	Совместные работы	

	Франкфурт/М	Ун-т	Кирхер М. Кисель И.В.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси	GTU	Ломидзе И.	Совместные работы
		TSU	Георгадзе Г.	Совместные работы
		UG	Гогилидзе С.	Совместные работы
Израиль	Реховот	WIS	Курицки Г.	Совместные работы
	Тель-Авив	TAU	Элиав Е.	Совместные работы
Италия	Бари	UniBa	Ла Скала Р.	Совместные работы
	Генуя	INFN	Барберис Д.	Совместные работы
	Катания	INFN LNS	Ди Торо М.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Красовицкий П.М.	Совместные работы
Канада	Ванкувер	UBC	Шапиро Е.	Совместные работы
	Торонто	IBM Lab	Абрашкевич А.	Совместные работы
	Пекин	ИНЕР CAS	Сун Шенгсен + 5 чел.	Совместные работы
Литва	Каунас	VMU	Девейкис А.	Совместные работы
Молдова	Кишинев	ИПФ	Базнат М.И.	Протокол
Монголия	Улан-Батор	IMDT MAS	Батгэрэл Б. Жанлав Т.	Совместные работы
Польша	Вроцлав	UW	Фишер Т. Блашке Д. + 3 чел.	Совместные работы
	Краков	INP PAS	Суликовски Я.М.	Протокол
	Люблин	UMCS	Гоздз А. Доброволски А.	Совместные работы
Россия	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Полянски А.	Совместные работы
	Гатчина Дубна	НИЦ КИ ПИЯФ	Кузнецова К.	Совместные работы
		Гос. ун-т "Дубна"	Гладышев П.П. Крюков Ю.А.	Совместные работы
	Иркутск Москва	ИГУ	Раджабов А.	Совместные работы
		ИОФ РАН	Егоров А.А. + 1 чел. Клочков Д.Н. Фёдоров М.В.	Протокол
		ИТЭФ	Гаврилов В. Никитенко А.	Совместные работы
		МГОУ	Чаусов Д.Н.	Совместные работы
		МГУ	Волобуев И.П. Кодолова О. Степанцов И.С.	Совместные работы
		НИВЦ МГУ НИИЯФ МГУ НИЯУ "МИФИ"	Воеводин В.В. Кукулин В.И. + 1 чел. Антонов Е.В. Артамонов А.А. Воскресенский Д.Н. Кудряшов Н.А. Черкасский А.И.	Совместные работы Совместные работы Совместные работы
		ОИВТ РАН РУДН	Качалов В.В. Севастьянов Л.А. Бронников К.А. Рыбаков Ю.П.	Совместные работы Совместные работы
Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Ботвина А.	Совместные работы	
Пермь Пушино	ПГНИУ ИМПБ РАН	Хеннер В.К. Лахно В.Д.	Совместные работы Совместные работы	

	С.-Петербург	НИИЭФА	Кухтин В.П. Ламзин Е.А. Сычевский С.Е.	Совместные работы
		СПбГУ	Феофилов Г.А. Дегтярев А.Б. + 2 чел. Тупицын И.И. Шагаев В.М.	Совместные работы
	Саратов	СГУ	Блинков Ю.А. + 1 чел.	Совместные работы
	Томск	ТГУ	Дербов В.Л. Наприенко Е.Н.	Совместные работы
Румыния	Бухарест	IFIN-НН	Скорик Н.А. Вишинеску М. Дима М.-О. Дулеа М. + 6 чел. Замфир Н.В. Исар А. + 2 чел.	Совместные работы Совместные работы Протокол
		UB INCDTIM	Штефанеску Д. Альберт С. Белеан Б. Бенде А. Вароди К. Мурариу Т. Надь Ж. Труска Р. Фаркас Ф.	Протокол Совместные работы
Словакия	Мэгуреле	IFA	Бузату Ф.	Совместные работы
		ISS	Севченко А. Стан Й.	Совместные работы
	Тимишоара	UVT	Визман Д. + 2 чел.	Совместные работы
	Банска Бистрица Кошице	UMB IEP SAS	Коломейцев Е. Вала М. Копчанский П. Пудлак М.	Совместные работы Совместные работы
США	Кембридж	TUKE	Бережны Ш. Покорны И.	Совместные работы
		UPJS	Гнатич М. Торок Ч.	Протокол
		BNL	Климентов А.	Совместные работы
		Арлингтон Дейвис Дентон MIT	UTA UCDavis UNT	Озгурк Н. Кокс Т. Ростовцев Ю. Калбов Дж. Сегара Е.
Таджикистан	Душанбе	Texas A&M	Скалли М.	Совместные работы
		UCLA	Игнатенко М.	Совместные работы
		JLab	Уильямс Дж.	Совместные работы
		SDSU ТНУ ФТИ НАНТ	Вебер Ф. Абдулоев Х. + 3 чел. Муминов Х.Х. Хохлов А.Х.	Совместные работы Совместные работы Протокол

	Худжанд	ХГУ	Музафаров Д.З. + 3 чел.	Протокол
Франция	Марсель	UPC	Хайн Р.	Совместные работы
	Нанси	UL	Джулакян Б.Б.	Совместные работы
	Сакле	IRFU	Формика А.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Аволио Дж. Рибон А. + 5 чел.	Совместные работы
			Рое Ш.	
Чехия	Прага	CTU	Броулим Я.	Совместные работы
Швейцария	Цюрих	ETH	Сорнетт Д.	Совместные работы
ЮАР	Кейптаун	UCT	Алексеева Н. Клейманс Ж.	Соглашение
	Порт-Элизабет	NMU	Муронга А.	Совместные работы
	Стелленбос	SU	Коули А.	Соглашение
Япония	Сайтама	SU	Мисаки А.	Протокол