

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, Италия, Казахстан, Канада, Китай, Литва, Молдова, Монголия, Польша, Россия, Румыния, Словакия, США, Таджикистан, Франция, ЦЕРН, Чехия, Швейцария, ЮАР.

Исследуемая 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 символьно-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 HybriLIT.

Ожидаемые результаты по этапам темы в текущем году:

1. Трехмерное компьютерное моделирование магнитов в рамках проектов NICA (ОИЯИ), NUCLOTRON (ОИЯИ) и CBM (GSI). Построение карт магнитного поля в рабочих областях магнита с целью анализа качества его распределения.

Оптимизация переносного магнитного устройства, предназначенного для изучения ROT-эффектов в делении тяжёлых атомных ядер.

Реализация гибридного метода FEM-BEM для моделирования сложных магнитных систем ускорителей в среде COMSOL Multiphysics® и его использование для мультифизического моделирования магнитной системы изохронного циклотрона SC230. Развитие методики коррекции среднего магнитного поля изохронного циклотрона на основе решения уравнений движения. Развитие программы CORD (Closed Orbit Dynamics) и её внедрение в библиотеку JINRLIB для анализа карт полей изохронного циклотрона SC230.

Молекулярно-динамическое моделирование структурных изменений металлов и металлических композитов при облучении тяжелыми ионами и альфа-частицами, описание экспериментальных данных.

Численное моделирование фазовых переходов (плавление, испарение и абляция) в материалах при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов.

Численное исследование статистических свойств структур с протяженными нанодфектами.

Компьютерное моделирование спиновой динамики в спинтронных материалах и разработка методов, управляющих эффектами реверсии спинов.

Исследование сепарации спина волнистой графеновой структурой.

Исследование и программная реализация методов численного решения жестких систем, описывающих модели спинтроники.

Исследование ядро-ядерных и протон-ядерных взаимодействий в широком диапазоне энергий с использованием микроскопических моделей и различных моделей плотности сталкивающихся ядер. Исследование реакций с участием изотопа ^{17}F на стабильных мишенях при средних энергиях.

Применение модели дибарионных резонансов для исследования и расчета характеристик лёгких ядер с $A=6$, включая двухпротонный распад ^6Be .

Оценка линии ядерной стабильности для нейтронно-избыточных ядер.

Исследование пространственно-локализованных периодических и квазипериодических по времени решений в моделях типа $\rho\text{h}i-4$ на основе сформулированных конечномерных редукций для связанного состояния Уоблера и Бризера в одномерном случае и для трехмерного осциллона.

Аналитическое и численное исследование роли спинорного поля в образовании черных дыр и эволюции Вселенной.

Развитие, реализация и применение методов расчета первичных сечений смещения атомов быстрыми электронами в твердых телах.

Модернизация программного обеспечения, разрабатываемого для исследования свойств новых материалов и наносистем, с использованием современных методов нейтронографии.

Распространение метода базисных элементов (МБЭ) на решение жестких задач и его использование для решения прикладных задач, в том числе для обработки и анализа нейтронных шумов реактора ИБР-2М и аппроксимации зависимости энергетических потерь заряженных частиц в ионизационной камере (эксперимент STAR).

Разработка байесовских автоматических адаптивных квадратурных алгоритмов высокой точности.

Исследование созданной методики стохастизации динамических одношаговых систем в приложении к открытым системам.

Модификация байесовского метода выбора наилучших модельных параметров ядерной материи при анализе последних существующих и планируемых открытий астрофизических явлений компактных звезд с помощью многоканальной астрономии.

Численное исследование кварк-адронного фазового перехода в энергетическом диапазоне коллайдера NICA.

Численный анализ реакций фрагментации тяжелых ионов в рамках транспортно-статистических моделей, сравнение с экспериментом.

2. Развитие феноменологических моделей адрон-адронных взаимодействий пакета Geant4 для области энергий, в которой не работает пертурбативная КХД, и их применение для расчетов экспериментальных условий экспериментов ОИЯИ, GSI, ЦЕРН с адронными и ядерными пучками.

Создание объединенного генератора ядро-ядерных столкновений DCM-QGSM-SMM с дальнейшей модификацией путем включения рождения тяжелых резонансов, дилептонов и гиперфрагментов. Массовая генерация ядро-ядерных столкновений для экспериментов BM@N и MPD.

Оптимизация, разработка и рефакторинг программного обеспечения для детектора MPD.

Разработка алгоритмов юстировки время-проекционной камеры TPC детектора MPD с учетом накапливающегося пространственного заряда.

Разработка структуры, программного обеспечения и действующего макета квантового интеллектуального регулятора расхода азота и гелия для сверхпроводящего магнита с учётом возможных режимов работы, в том числе в условиях различных нештатных ситуаций.

Разработка интеллектуальной системы управления режимами ВЧ-станций Нуклотрона ускорительного комплекса NICA с применением квантовых мягких вычислений.

Завершение разработки и развития информационных систем геометрической и конфигурационной баз данных, а также базы данных метаданных физических событий для экспериментов NICA.

Разработка алгоритмов реконструкции событий, реалистичного моделирования откликов и детализированной ROOT-геометрии для конфигурации центральных трековых детекторов эксперимента BM@N в 2022 году.

Разработка и имплементация алгоритмов моделирования и реконструкции данных в трековых детекторах эксперимента BM@N для подготовки и проведения физического сеанса в 2022 году.

Разработка программного обеспечения системы сбора данных для проекта Baikal-GVD.

Монте-Карло моделирование прототипа ОЛВЭ-HERO в рамках фреймворка FAIRRoot и Geant4. Изучение систематических ошибок и влияния геометрии эксперимента на результаты.

Проверка корректности разработанных алгоритмов построения распределений направлений прилёта космических лучей при обработке данных эксперимента НУКЛОН, полученных при различных режимах полёта космического аппарата.

Разработка нестандартных методов статистического анализа редких событий в экспериментах со сверхтяжелыми ядрами.

Программная поддержка эксперимента ATLAS: дальнейшее развитие ATLAS Event Picking Service, сопровождение системы мониторинга ATLAS EventIndex; разработка и развитие информационной системы CREST, программного обеспечения конверсии ATLAS ConditionDB данных из COOL API в CREST; развитие оперативного мониторинга ATLAS TDAQ системы на базе новых версий GRAFANA.

Совершенствование методов реконструкции траекторий заряженных частиц и проведение расчетов эффективности и разрешения катодно-стриповых камер с обновленной электроникой в эксперименте CMS.

Тестирование, отладка в соответствии с требованиями пользователей и ввод в эксплуатацию геометрической базы данных для эксперимента CBM. Разработка концепции базы данных для отбора полезных событий.

3. Решение задачи сегментации изображений на базе алгоритмов глубокого обучения для морфологических исследований в радиационной биологии. Применение нейросетевого подхода и методов компьютерного зрения для задач анализа данных радиобиологических исследований.

Создание компьютерного пакета для расчета фазовой диаграммы КХД на платформе HybriLIT.

Дальнейшая разработка эффективных масштабируемых алгоритмов глубокого обучения локального и глобального типов для реконструкции множественных треков и вершин событий в экспериментах по физике высоких энергий, связанных с MPD, BM@N, BES-III, SPD и CBM.

Применение методов машинного обучения для распознавания и анализа свойств тонких структур в массовом распределении продуктов ядерных реакций в экспериментах с трансурановыми элементами.

Повышение эффективности применяемых алгоритмов глубокого обучения для задач прогнозирования состояния окружающей среды и выявления заболеваний растений; разработка новых методов статистического анализа на основе временных рядов для мониторинга загрязнения воздуха; расширение областей прогнозирования до новых регионов России, Европы и Азии.

Адаптация распределённой CPU-GPU памяти платформы HybriLIT в среде COMSOL Multiphysics® для ускорения процесса вычислений.

Исследование структуры и свойств полидисперсных везикулярных систем в рамках модели разделенных форм-факторов: параллельная оптимизация подгонки параметров модели к экспериментальным данным малоуглового рассеяния.

Развитие методов и комплексов программ для высокопроизводительного численного исследования сложных процессов в многопараметрических моделях ядерной физики и физики конденсированных состояний.

Разработка, оптимизация и реализация новых параллельных версий алгоритмов и программ для молекулярно-динамического моделирования на платформе HybriLIT.

Моделирование эволюции жидких кристаллов под действием ориентирующих сил при помощи программных пакетов молекулярной динамики на современных графических системах.

Разработка параллельной версии программы FITTER, предназначенной для изучения надмолекулярной структуры и функциональных характеристик биологических наносистем и полимерных наноматериалов.

Разработка высоко масштабируемых параллельных алгоритмов и программ для решения нелинейных задач магнитостатики с помощью конечно-элементного разрывного hp-метода.

Разработка параллельных алгоритмов и программ для исследования свойств ядерной материи в соударениях тяжелых ионов и недрах компактных звезд.

Разработка и применение новых вычислительных методов для решения основных проблем релятивистской квантовой химии и физики, в частности, при исследовании электронной структуры и спектроскопических свойств тяжелых атомов и молекул.

Развитие и численная реализация метода комптоновской импульсной спектроскопии легких атомов и молекул.

Развитие программно-аппаратного комплекса сбора, хранения и анализа Больших данных для решения сервисных и прикладных задач (мониторинг и безопасность вычислительных систем, физические и инженерные приложения).

Развитие прототипа системы интеллектуального мониторинга функционирования и безопасности распределенных вычислительных систем на базе технологий Больших данных и методов машинного обучения.

Применение методов, алгоритмов и платформ Больших данных к решению актуальных прикладных задач, в том числе анализу различных показателей деятельности ОИЯИ и автоматизированной интеллектуальной обработке текстов научных публикаций.

4. Развитие квантовых алгоритмов моделирования электронных оболочек атомов сверхтяжелых элементов.

Развитие алгоритмов на базе квантовых нейронных сетей для решения уравнений математической физики.

Квантовая обработка информации в сетях искусственного интеллекта с долговременной и короткой памятью активных узлов.

Разработка квантовых и классических схем и алгоритмов, основанных на методе тензорных сетей, для моделирования фазовых переходов в квантовой хромодинамике при ненулевой температуре и конечной барионной плотности.

Изучение взаимосвязи отрицательности функции Вигнера и неклассичности состояний конечномерных квантовых систем.

Разработка конструктивных моделей для исследования декомпозиции квантовых систем на подсистемы и изучения квантовых корреляций внутри многокомпонентных систем.

Разработка и реализация grid-версии алгоритма вычисления базисов Грёбнера и инволютивных базисов алгебраических нелинейных полиномиальных систем.

Разработка конечно-элементных схем с интерполяционными полиномами Эрмита для решения краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Разработка пакета для прецизионного вычисления 3-х и 4-х точечных однопетлевых Фейнмановских интегралов на основе метода функциональной редукции.

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. Буша Я. Пузынин И.В.
ЛИТ	Абгарян В., Адам С., Айриян А.С., Айрян Э.А., Акишин П.Г., Амирханов И.В., Атанасова П.Х., Барашенков И.В., Башашин М.В., Боголюбская А.А., 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., Мусульманбеков Ж.Ж., Никонов Э.Г., Полякова Р.В., Пузынина Т.П., Рихвицкий В.С., Сархадов И., Саха Б., Сердюкова С.И., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Тухлиев З.К., Червяков А.М., Шарипов З.А., Ширикова Н.Ю., Юкалова Е.П., Юлдашев О.И., Юлдашева М.Б., Ямалеев Р.М.
ЛФВЭ	Агакишиев Г.Н., Ладыгин В.П., Перепелкин Е. Е., Ходжибагиян Г.Г., Шандов М.М.
ЛТФ	Альварес-Кастильо Д.Э., Блашке Д. Б., Воскресенский Д.Н., Гнатич М., Джолос Р.В., Донков А.А., Коломейцев Е.Э., Либинг С., Лукьянов В.К., Малов Л.А., Маслов К.А., Назмитдинов Р.Г., Рахронов И.Р., Севастьянов Л.А., Сушков А.В., Фризен А.В., Хворостухин А.С., Шукринов Ю.М., Юкалов В.И.
ЛЯР	Артюх А.Г., Мирзаев М.Н., Олейничак А., Середа Ю.М., Скуратов В.А., Батчулуун Э.
ЛНФ	Дорошкевич А.С., Лычагина Т.А., Николаев Д.И., Новицкий В.В., Пепельшев Ю.Н., Попов Е.П.
ЛЯП	Карамышев О.В., Карамышева Г.А., Киян И.Н., Ляпин И.Д., Малинин В.А., Попов Д.В., Семек К., Ширков Г.Д.
2. Программные комплексы и математические методы для анализа экспериментальных данных	Зрелов П.В. Иванов В.В.
ЛИТ	Акишина Е.П., Александров Е.И., Александров И.Н., Баранов Д.А., Буша Я. мл., Войтишин Н.Н., Гнатич С., Дереновская О.Ю., Злоказов В.Б., Казымов А.И., Костенко Б.Ф., Минеев М.А., Мусульманбеков Ж.Ж., Пальчик В.В., Пряхина Д.И., Решетников А.Г., Рихвицкий В.С., Сапожникова Т.Ф., Сатышев И., Слепнев С.К., Соловьев А.Г., Соснин А.Н., Ужинский В.В., Ульянов С. В., Филозова И.А., Шестакова Г.В., Яковлев А.В.

ЛФВЭ	Батюк П.Н., Батюня Б.В., Бровко О.И., Бутенко А.В., Бычков А.В., Габдрахманов И.Р., Галоян А.С., Герценбергер К.В., Голутвин И.А., Горбунов Н.В., Жежер В.Н., Зарубин А.В., Каменев А.Ю., Капишин М.Н., Каржавин В.Ю., Костромин С.А., Ленивенко В.В., Маканькин А.М., Мерц С.П., Морозов А.Н., Пацюк М., Перельгин В.В., Петухов Ю.П., Решетников Г.П., Рогачевский О.В., Румянцев М.М., Спасков В.Н., Шматов С.В.
ЛТФ	Тонеев В.Д.
ЛЯР	Утенков В.К., Цыганов Ю.С.
ЛЯП	Бедняков В.А., Белолаптиков И.А., 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. 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., Битта Я., Бутенко Ю.А., Буша Я. мл., Волохова А.В., Гончаров П.В., Григорян О., Гусев А.А., Джавадзаде Дж. Н. оглы, Жабицкая Е.И., Земляная Е.В., Ильина А.В., Кадочников И.С., Какенов М., Калиновский Ю.Л., Матвеев М.А., Нечаевский А.В., Олейник Д.А., Ососков Г.А., Папоян В.В., Пелеванюк И.С., Петросян А.Ш., Подгайный Д.В., Пряхина Д.И., Пузынин И.В., Пузынина Т.П., Свозилик В., Семенов Р.Н., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Стадник А.В., Сюракшина Л.А., Тухлиев З.К., Ужинский А.В., Филозова И.А., Червяков А.М., Чулуунбаатар Г., Шарипов З.А., Юлдашев О.И., Юлдашева М.Б.
ЛИТ-МИВК	Мицын В.В., Стриж Т.А.
ЛФВЭ	Бойцов А. Ю., Герценбергер К.В., Донец Е.Е.
ЛТФ	Блашке Д. Б., Виницкий С.И., Воскресенский Д.Н., Донков А.А., Попов Ю.В., Фризен А.В., Хворостухин А.С., Юшанхай В.Ю.
ЛЯР	Кабытаева Р., Митрофанов С.В., Оганесян Ю.Ц., Пятков Ю.В.
ЛЯП	Жемчугов А.С., Карамышева Г.А.
ЛНФ	Балашою М., Бадави В., Зиниковская И., Киселев М.А., Куклин А.И., Кучерка Н., Павликова И., Фронтасьева М.В.
ЛРБ	Колесникова И.А., Лалковичова М.Г., Ляхова К.Н., Северюхин Ю.С., Утина Д.М.
4. Методы, алгоритмы и программное обеспечение компьютерной алгебры и квантовых вычислений	Подгайный Д.В. Хведелидзе А.
ЛИТ	Абгарян В., Буреш М., Гусев А.А., Зуев М.И., Корняк В.В., Коткова Е.А., Палий Ю., Рапортиренко А.М.,

Рогожин И.А., Сактаганов Н., Стадник А.В., Стрельцова О.И., Тарасов О.В., Торосян А.Г., Чулуунбаатар О., Юкалова Е.П., Янович Д.А.

ЛТФ

Виницкий С.И., Назмитдинов Р.Г., Брагута В.В., Титов А.И., Тюрин Н.А., 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	Мардоян Л.Г. Погосян Г.С. Чубарян Э.	Совместные работы
		ННЛА	Ананикян Н. Пилюян А.	Совместные работы
		РАУ	Багдасарян Д.А. Казарян Э.М. Саркисян А.А.	Совместные работы
Беларусь	Брест	БрГУ	Кац П.Б.	Совместные работы
	Минск	ИМ НАНБ	Егоров А.Д. Малютин В.Б.	Совместные работы
Болгария	Пловдив София	РУ	Панайотова С.А.	Совместные работы
		IMI BAS	Андонов В. Георгиев И. Колковска Н. Порязов С.	Совместные работы
		INRNE BAS	Антонов А.А. Богданова Н.Б. Гайдаров М.К. Димитрова С. Кадрев Д. Купенова Т.Н.	Совместные работы
Бразилия	Сан-Карлос	SU	Димов Х.Д. Димова С. Христов И.Г. Христова С.А.	Совместные работы
		IFSC USP	Багнато В.С.	Совместные работы
Великобритания	Лондон	Imperial College	Никитенко А.	Совместные работы
	Плимут	Ун-т	МакМуллан Д.	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Барнафольди Г.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой	VNU	Во Чонг Тхак Льу Д.В.А. Нгуен Ван Хьеу	Совместные работы
Германия	Хошимин	CNT VINATOM	Льонг Ле Хай	Совместные работы
	Гамбург	Ун-т	Книль Б.А.	Совместные работы
	Дармштадт	GSI	Акишина В.П. Васильев Ю.О. Галатюк Т. Зенгер П.	Совместные работы

			Тупель С. Фризе В.	
	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.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси	GTU	Элашвили А.	Совместные работы
		TSU	Георгадзе Г.	Совместные работы
		UG	Гогилидзе С.	Совместные работы
Италия	Генуя	INFN	Барберис Д.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Красовицкий П.М.	Совместные работы
		КазНУ	Пеньков Ф.М.	
Канада	Торонто	IBM Lab	Мансурова М.	Совместные работы
Китай	Пекин	CIAE	Абрашкевич А.	Совместные работы
		ИНЕР CAS	Пэйвэй Вэн	Совместные работы
Литва	Каунас	VMU	Сун Шенгсен	Совместные работы
Молдова	Кишинев	ИПФ	Девейкис А.	Совместные работы
		МолдГУ	Маковей М.	Протокол
Монголия	Улан-Батор	IMDT MAS	Базнат М.	Совместные работы
			Батгэрэл Б.	Совместные работы
			Жанлав Т.	
Польша	Варшава	IMGW-PIB	Крайны Е.	Совместные работы
			Ошрудка Л.	
	Вроцлав	UW	Блашке Д.	Совместные работы
			Фишер Т.	
	Краков	INP PAS	Альварес-Кастильо Д.Э.	Совместные работы
			Суликовский Я.	
		JU	Брузда Д.	Совместные работы
			Зичковски К.	
		UEK	Лула П.	Совместные работы
	Люблин	UMCS	Гоздз А.	Совместные работы
			Доброволски А.	
Россия	Владикавказ	СОГУ	Гудиев Т.В.	Соглашение
			Котец А.Ф.	
			Нартиков А.Г.	
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Кузнецова К.	Совместные работы
	Долгопрудный	МФТИ	Климай П.А.	Совместные работы
			Митин А.В.	
	Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Руденко М.О.	Совместные работы
	Иркутск	ИГУ	Раджабов А.	Совместные работы
	Москва	ИОФ РАН	Егоров А.А.	Совместные работы
			Клочков Д.Н.	
			Фёдоров М.В.	
		ИТЭФ	Гаврилов В.Б.	Совместные работы
			Никитенко А.	
		МГОУ	Чаусов Д.Н.	Совместные работы
		МГУ	Волобуев И.П.	Совместные работы
			Кодолова О.	
		НИВЦ МГУ	Воеводин В.В.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Померанцев В.Н.	Совместные работы
		НИЯУ "МИФИ"	Артамонов А.А.	Совместные работы
			Воскресенский Д.Н.	
		РУДН	Бронников К.А.	Протокол

			Рыбаков Ю.П. Севастьянов Л.А.	
	Москва, Троицк	РЭУ	Валентей С.Д.	Совместные работы
	Пермь	ИЯИ РАН	Ботвина А.	Совместные работы
	Пушино	ПГНИУ	Хеннер В.К.	Совместные работы
	С.-Петербург	ИМПБ РАН	Лахно В.Д.	Совместные работы
		НИИЭФА	Кухтин В.П.	Совместные работы
			Ламзин Е.А.	
			Сычевский С.Е.	
		СПбГУ	Дегтярев А.Б.	Совместные работы
			Тупицын И.И.	
			Феофилов Г.А.	
			Шабаев В.М.	
Румыния	Саратов	СГУ	Дербов В.Л.	Совместные работы
	Бухарест	IFIN-НН	Вишинеску М.	Соглашение
			Дима М.-О.	
			Исар А.	
			Михаилеску Т.	
		УВ	Дима М.	Соглашение
			Дима М.Т.	
			Николин А.	
	Клуж-Напока	INCDTIM	Альберт С.	Совместные работы
			Белеан Б.	
			Бенде А.	
			Надь Ж.	
			Труска Р.	
	Мэгуреле	IFA	Бузату Ф.	Совместные работы
		ISS	Севченко А.	Совместные работы
	Тимишоара	UVT	Визман Д.	Совместные работы
			Владисавлевич Ю.М.	
Словакия	Банска Бистрица	UMB	Коломейцев Е.	Совместные работы
	Жилина	UZ	Дурчанска Д.	Совместные работы
			Яндачка Д.	
	Кошице	IEP SAS	Вала М.	Совместные работы
			Копчанский П.	
			Пудлак М.	
		TUKE	Бережны Ш.	Совместные работы
			Вальова Л.	
			Покорны И.	
		UPJS	Гнатич М.	Совместные работы
			Торок Ч.	
США	Аптон	BNL	Климентов А.	Совместные работы
	Дейвис	UCDavis	Кокс Т.	Совместные работы
	Кембридж, МА	MIT	Калбов Дж.	Совместные работы
			Сегара Е.	
	Лос-Анджелес	UCLA	Игнатенко М.	Совместные работы
	Луисвилл	U of L	Хеннер В.К.	Совместные работы
	Сан-Диего	SDSU	Вебер Ф.	Совместные работы
Таджикистан	Душанбе	ФТИ НАНТ	Муминов Х.Х.	Совместные работы
			Хохлов А.Х.	
	Худжанд	ХГУ	Музафаров Д.З.	Совместные работы
Франция	Нанси	UL	Джулакян Б.Б.	Совместные работы
	Сакле	IRFU	Формика А.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Аволио Дж.	Совместные работы

Чехия	Острава	VSB-TUO	Рибон А. Рое Ш. Битта Я.	Совместные работы
	Прага	STU	Гладкий Д. Броулим Я. Бурдик Ч.	Совместные работы
Швейцария ЮАР	Цюрих	ETH	Сорнетт Д.	Совместные работы
	Кейптаун	UCT	Алексеева Н.	Совместные работы
	Порт-Элизабет	NMU	Муронга А.	Совместные работы
	Стелленбос	SU	Коули А.	Совместные работы