

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:

Австралия, Азербайджан, Армения, Беларусь, Бельгия, Болгария, Бразилия, Вьетнам, Германия, Греция, Грузия, Индия, Италия, Казахстан, Канада, Китай, Молдова, Монголия, Польша, Португалия, Россия, Румыния, Словакия, США, Таджикистан, Тайвань, Франция, ЦЕРН, Чехия, Швейцария, ЮАР, Япония.

Исследуемая 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. Развитие математических моделей для описания свойств ядерной материи при энергиях NICA, компьютерное моделирование поведения критических точек на фазовой диаграмме КХД.

Трехмерное компьютерное моделирование распределения магнитного поля сверхпроводящих магнитов комплексов NICA и SIS100 (FAIR).

Создание математических моделей образования димезоатомов в процессах множественного рождения частиц при высоких энергиях, в том числе когерентного рождения долгоживущих nP состояний $\pi^+\pi^-$ атомов.

Моделирование механизмов различных ядерно-физических процессов в рамках микроскопической модели оптического потенциала, включая предравновесные процессы в реакциях $(p,\alpha)^{59}Co$ при энергиях от 65 до 160 МэВ, процессы развала при взаимодействиях изотопов бора и других экзотических ядер с протонами и ядрами, неупругие взаимодействия пионов с ядрами при энергиях в области (33)-резонанса.

Развитие и поддержка программы первичной обработки SAS для спектрометра ЮМО реактора ИБР-2. Реализация возможности обработки ею данных с ПЧД для изотропно рассеивающих образцов.

Численное исследование свойств бозе-конденсированных систем с нелокальными потенциалами взаимодействия.

Развитие методов численного исследования локализованных структур и бифуркационных режимов в нелинейных моделях физики конденсированных состояний.

Математическое моделирование динамики пучков для многоцелевых изохронных циклотронов.

Разработка методики, алгоритмов и программных пакетов для цифровой обработки произвольных плоских кривых с целью получения их аналитической формы.

Байесовская автоматическая адаптивная квадратура с зависящие от масштаба квадратурные суммы.

Численное решение краевой задачи для нелинейного уравнения Больцмана-Пуассона, описывающего взаимодействие макромолекул белка с растворителем.

Исследование применимости методов фрактального анализа для обработки и систематизации результатов молекулярно-динамического моделирования взаимодействия пучков нанокластеров с тонкими металлическими пленками.

Разработка алгоритмов и программ для интеллектуального анализа и прогнозирования параметров реактора ИБР-2М (флуктуации энергий импульсов, расход жидкого натрия через активную зону и др.).

2. Разработка и сопровождение глауберовской Монте-Карло программы и адаптация модели FTF пакета Geant4 для экспериментов NICA/MPD и CBM.

Разработка системы управления потоками данных в экспериментах проекта НИКА.

Обработка и анализ данных эксперимента НУКЛОН.

Поддержка программного обеспечения эксперимента ATLAS (поддержка разработанных в ЛИТ компонент системы сбора и обработки информации; создание панелей инструментов для мониторинга сетей ATLAS; создание новой версии Log Manager online системы TDAQ ATLAS).

Разработка программного обеспечения для трекового GEM детектора, входящего в состав детекторного комплекса эксперимента VM@N (разработка алгоритмов и комплекса программ для моделирования получения реалистичных данных с микростриповой GEM камеры; разработка и программная реализация алгоритмов восстановления пространственных координат точек взаимодействия заряженных частиц с регистрирующими элементами GEM детектора; программная реализация моделей

ГЕМ детектора для актуальных конфигураций, запланированных в предстоящих сеансах эксперимента BM@N)

Реконструкция событий в эксперименте BM@N на данных 2016-2017 гг, полученных с Нуклотрона; разработка алгоритмов и программ для распознавания траекторий частиц в установке MPD.

Улучшение локальной реконструкции в катодно-стриповых камерах эксперимента CMS на данных БАК с большой светимостью.

Развитие программного обеспечения VMRIA для автоматического анализа больших массивов спектров, измеряемых в экспериментах на ФДВР на ИБР-2.

Развитие методов автоматического анализа гамма-спектров и программного обеспечения для автоматической калибровки гамма-спектров в условиях малой статистики.

Разработка и адаптация методов анализа данных к условиям малой статистики и неполноты наблюдения (оценка периодов полураспада).

Развитие математических методов анализа экспериментальных данных малоуглового нейтронного и синхротронного рассеяния на основе обобщенного метода разделенных формфакторов для получения новой информации о везикулярных полидисперсных наносистемах.

Адаптация алгоритма L1 – распознавания и реконструкции траекторий заряженных частиц, основанного на применении клеточного автомата, для детектора MVD эксперимента CBM.

Разработка системы тестирования и оценки качества для время-ориентированных алгоритмов кластеризации и поиска хитов и ее программная реализация для детектора STS эксперимента CBM.

Визуализация процедуры реконструкции траекторий заряженных частиц в детекторе MUCH эксперимента CBM.

Разработка критериев отбора редких распадов $J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$ используя информацию с координатных плоскостей детектора MUCH. Развитие алгоритмов распознавания и реконструкции редких процессов, регистрируемых в эксперименте CBM: распады легких векторных мезонов, $J/\psi \rightarrow e^+e^-$.

Векторизация и распараллеливание алгоритма реконструкции траекторий заряженных мюонов, регистрируемых детектором MUCH.

Анализ данных детектора RICH, полученных в тестовом эксперименте в ЦЕРН. Развитие программного обеспечения для моделирования и реконструкции событий, регистрируемых детектором RICH. Оптимизация геометрии детектора RICH. Разработка программного обеспечения системы сбора данных (DAQ) и программного интерфейса между DAQ и CBMRoot для онлайн-анализа для детектора RICH.

Развитие, оптимизация и тестирование алгоритмов обработки событий для системы FLES на многоядерных серверах ЛИТ. Включение 4D реконструкции временных срезов в CBMROOT. Исследование проблемы возможного расщепления событий в пограничных районах между соседними временными срезами.

Разработка системы баз данных для эксперимента CBM: 1) развитие компонентной базы данных с учетом особенностей различных детекторов установки CBM; 2) разработка структуры геометрической базы данных.

Разработка методов и алгоритмов для проведения массивных вычислений электростатических потенциалов молекул ДНК, РНК и белковых факторов, а также карт поверхности указанных биополимеров. Расчет электростатических потенциалов и карт поверхности молекул биополимеров для решения задач биомолекулярного узнавания на кластере HybriLIT.

Генерация случайных шероховатых поверхностей для моделирования особенностей дифракции при отражении нейтронов от поверхности наноструктурированных объектов.

3. Развитие и поддержка сервисов информационно-вычислительной среды гетерогенного кластера HybriLIT.

Разработка алгоритмов для численного исследования многомерных моделей, базирующихся на эволюционных уравнениях, применяемых при моделировании физических процессов в различных материалах, возникающих при облучении их тяжелыми ионами и импульсными пучками, моделировании

джозефсоновских переходов в высокотемпературных сверхпроводниках. Программная реализация полученных алгоритмов для вычислений на HybriLIT.

Разработка эффективных алгоритмов решения уравнений движения молекулярной динамики на гибридных вычислительных структурах.

Развитие методов и комплексов программ для вычисления многократных интегралов с использованием технологии MPI для исследования процессов ионизация и фотоионизация атома гелия, многоатомных молекул и их ионов.

Разработка и внедрение новых параллельных алгоритмов в программный комплекс MSTDHB и его адаптация к новой архитектуре процессора Intel Xeon Phi (KNL).

Развитие и поддержка программы Fitter, в том числе, разработка параллельной версии программы.

Оптимизация отдельных программ пакета ROOT для проведения более эффективных расчетов на кластере HybriLIT, в частности, усовершенствование программной реализации алгоритмов заполнения специальной структуры данных Tree с использованием технологий параллельных вычислений.

Разработка эффективных алгоритмов решения эллиптических нелинейных hp-адаптированных конечно-элементных систем уравнений и их программная реализация на гибридных вычислительных архитектурах.

Адаптация алгоритмов многократного решения системы уравнений Толмена-Оппенгеймера-Волкова для гибридных вычислительных архитектур.

Установка, проверка и валидация различных модулей Comsol Multiphysics® и программного комплекса "CATIA-GDML Geometry Builder" на кластере HybriLIT и их адаптация для решения инженерно-физических задач в лабораториях ОИЯИ.

4. Разработка и исследование новой модели квантовых сетей с функцией памяти.

Описание сепарабельных и перепутанных X-состояний пары двух кубитов.

Учёт релятивистских поправок в описании динамики спиновых частиц в сильном лазерном поле (для проекта ELI-NP, Румыния).

Разработка комбинаторных алгоритмов и алгоритмов статистического моделирования квантовых систем на основе унитарных представлений конечных групп.

Создание комплекса символьно-численных программ для описания динамики низко-размерных малочастичных квантовых систем на основе метода конечных элементов с присоединёнными полиномами Эрмита. Адаптация разработанных алгоритмов и программ на гибридные архитектуры.

Алгоритмическое построение разностных схем, наследующих основные алгебраические свойства исходных дифференциальных уравнений.

Вычисление констант ренормировки пропагатора смешивания кварков в двух-петлевом приближении.

Разработка и реализация алгоритмов вычисления вибрационно-ротационных базисных функций в пространстве параметров, описывающих квадрупольные и октупольные деформации сферических ядер.

Реализация системы компьютерной алгебры Reduce на Lucid Common Lisp с интерфейсом к библиотекам численных программ.

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., Айриян А.С., Айрян Э.А., Акишин П.Г., Амирханов И.В., Барашенков И.В., Башашин М.В., Боголюбский И.Л., Войчеховски А.Э. Волохова А.В., Воскресенская О.О., Григорян О., Дикусар Н.Д., Земляная Е.В., Калиновский Ю.Л., Карамышева Т.В., Кулябов Д.С., Лукьянов К.В., Махалдиани Н.В., Мачавариани А., Михайлова Т.И., Мусульманбеков Ж.Ж., Никонов Э.Г., Ососков Г.А., Подгайный Д.В., Полякова Р.В., Пузынина Т.П., Робук В.Н., Саха Б., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Стрельцова О.И., Юкалова Е.П., Ямалеев Р.М.
ЛФВЭ	Геворгян С.Р., Донец Е.Е., Капишин М.Н., Кечечян А.О., Никитин В.А., Рогачевский О.В., Ходжибагиян Г.Г., Шейнаст В.
ЛТФ	Виницкий С.И., Гнатич М., Ильгенфриц Е.-М., Лукьянов В.К., Тонеев В.Д., Фризен А.В., Юкалов В.И.
ЛЯР	Артюх А.Г., Кочнев М.К., Лукьянов С.М., Пенионжкевич Ю.Э., Рымжанов Р.А., Середа Ю.М., Скуратов В.А.
ЛНФ	Белушкин А.В., Корепенова Н., Куклин А.И., Иванов А.И., Маношин С.А., Пепельшев Ю.Н., Соловьев Д.В.
ЛЯП	Афанасьев Л.Г., Карамышева Г.А., Киян И.Н.
2. Программные комплексы и математические методы для анализа экспериментальных данных	Зрелов П.В. Иванов В.В.
ЛИТ	Аблязимов Т.О., Акишина В.П., Акишина Е.П., Александров Е.И., Александров И.Н., Баранов Д.А., Белогуоров С.Г., Войтишин Н.Н., Дереновская О.Ю., 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., Кухтина И.Н., Лебедев А.А., Минеев М.А., Овчаренко Е.В., Ососков Г.А., Пальчик В.И., Рихвицкий В.С., Соснин А.Н., Степаненко В.А., Сюракшина Л.А., Ужинский В.В., Ширикова Н.Ю., Шигаев В.Н., Яковлев А.В.
ЛФВЭ	Галоян А.С., Герценбергер К.В., Капишин М.Н., Ладыгин В.П., Ленивенко В.В., Малахов А.И., Мовчан С.А., Рогачевский О.В., Сапожников М.Г., Топилин Н.Д.
ЛЯР	Пенионжкевич Ю.Э., Соболев Ю.Г., Утенков В.К., Фомичев А.С., Циганов Ю.С.
ЛНФ	Балогуров А.М., Бобриков И.А., Киселев М.А., Козленко Д.П.
ЛЯП	Бедняков В.А., Алексеев Г.Д., Бедняков И.В., Жемчугов А.С., Ольшевский А.Г., Понтекорово Д.Б.
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., Айрян Э.А., Акишин П.Г., Александров Е.И., Амирханов И.В., Башапин М.В., Беляков Д.В., Волохова А.В., Жабицкая Е.И., Земляная Е.В., Зуев М.И., Киракосян М.Х., Матвеев М.А., Подгайный Д.В., Пузынина Т.П., Сапожников А.А., Сапожникова Т.Ф., Саркар Н.Р., Сархадов И., Сердюкова С.И., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Торосян Ш.Г., Тухлиев Э.К., Шарипов З.А., Червяков А.М., Чулуунбаатар О., Юлдашев О.И., Юлдашева М.Б.

ЛЯР

Апель П.Ю., Скуратов В.А.

ЛТФ

Блашке Д.Б., Булычев А.А., Попов Ю.В., Шукринов Ю.М.

4. Методы, алгоритмы и программное обеспечение компьютерной алгебры

Гердт В.П.

ЛИТ

Абгарян В., Боголюбская А.А., Гусев А.А., Евлахов С.А., Корняк В.В., Рапортиренко А.М., Рогожин И.А., Тарасов О.В., Торосян А.Г., Чулуунбаатар О., Хведелидзе А.М., Юкалова Е.П., Янович Д.А.

ЛТФ

Виницкий С.И., Чижов А.В., Титов А.И., Физиев П., Юкалов В.И.

ЛЯР

Гикал Б.Н.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт или лаборатория	Участники	Статус
Азербайджан	Баку	ИФ НАНА	Мамедов Н.	Совместные работы
Армения	Ереван	ННЛА	Ананикян Н.	Совместные работы
		ЕГУ	Оганесян К.	Совместные работы
		РАУ	Чубарян Э.	Совместные работы
		ИПИА НАН РА	Саркисян А.А.	Совместные работы
Беларусь	Минск	ИМ НАНБ	Геворкян А.С.	Совместные работы
Болгария	София	IMI BAS	Янович Л.Я. + 3 чел.	Совместные работы
		INRNE BAS	Колковска Н.	Совместные работы
			Богданова Н. + 1 чел.	Совместные работы
			Гайдаров М.	
			Димитрова С.	
			Кадрев Д.	Совместные работы
			Купенова Т.Н.	

		SU	Младенов Д. Димова С. + 2 чел. Черногорова Т.П. Христов И.Г. Христова Р.Д.	Совместные работы
Вьетнам	Пловдив	PU	Атанасова П.Х.	Совместные работы
	Ханой	VNU	Нгуен Ван Хьеу + 2 чел. Во Чонг Тхак	Совместные работы
Грузия	Тбилиси	ГТУ	Ломидзе И.	Совместные работы
		ТГУ	Георгадзе Г.	Совместные работы
		ГУ	Гогилидзе С.	Совместные работы
Казахстан	Алматы	ИЯФ	Красовицкий П.М.	Совместные работы
Молдова	Кишинев	ИПФ АНМ	Палий Ю.Г.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	NUM	Жанлав Т. Будням С.	Совместные работы
		MUST	Батгэрэл Б.	Совместные работы
Польша	Варшава	WUT	Словински Б. Плута Я.	Совместные работы
	Вроцлав	UW	Блашке Д.+3 чел.	Совместные работы
	Краков	NINP PAS	Суликовский Я.	Совместные работы
	Люблин	UMCS	Гоздз А.	Совместные работы
	Отвоцк-Сверк	NCBJ	Полянски А. Шута М. Сандач А. Собичевски А. Словински Б. Вабищевич П.Н. Калиткин Н.Н. Поляков С.В. Повещенко Ю.А.	Совместные работы
Россия	Москва	ИПМ РАН	Егоров А.А.	Договор
		ИОФ РАН	Алгазин С.Д.	Совместные работы
		ИПМех РАН	Ильин А.С.	Совместные работы
		ИПУ РАН	Постнов С.С.	Договор
		ИТЭФ	Захаров В.И. Борняков В. Брагута В.	Совместные работы
		МГУ	Кузаков К.А.	Совместные работы
		НИВЦ МГУ	Воеводин В.В.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Иванов Ю.Б.	Совместные работы
		НИЯУ "МИФИ"	Воскресенский Д.Н. + 1 чел. Кудряшов Н.А. Крянев А.В. Климанов В.А. Кузаков К.А.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Севастьянов Л.А. + 2 чел. Рыбаков Ю.П.	Совместные работы
	РУДН	Ханзадеев А.В.	Совместные работы	
Гатчина	ПИЯФ	Крюков Ю.А.	Совместные работы	
Дубна	Ун-т "Дубна"		Совместные работы	

	Протвино	ИФВЭ	Борняков В. Брагута В. Битюков С.И. + 2 чел.	Совместные работы
	Пушино	ИМПБ РАН ИТЭБ РАН ИБ РАН	Лахно В.Д. Полозов Р.В. + 3 чел. Чиргадзе Ю.Н.	Совместные работы Совместные работы Совместные работы
	С.-Петербург	НИИЭФА	Сычевский С.Е. Ламзин Е.А. Кухтин В.П.	Совместные работы
	Саратов	СГУ	Блинков Ю.А. + 1 чел. Дербов В.Л.	Совместные работы
	Томск	ТГУ	Скорик Н.А. Южакова Ю.В.	Совместные работы
Румыния	Бухарест	IFIN-НН	Замфир Н.В. Дулеа М. + 6 чел. Исар А. + 2 чел. Ангел Д. Висинеску М.	Совместные работы
		IFA	Бузату Ф.	Совместные работы
		ISS	Стан Й. Севченко А.	Совместные работы
		UB	Штефанеску Д.	Совместные работы
	Клуж-Напока	INCDTIM	Бот А. Алмасан В. Фаркас Ф. Вароди К. Флоаре К. Белеан Б. Труска Р. Альберт С. Бенде А.	Совместные работы
Словакия	Банска Бистрица	UMB	Коломейцев Е.	Совместные работы
	Кошице	IEP SAS TUKE	Вала М. Буша Я. + 2 чел. Покорны И. Прибиш Я. Вальова Л.	Совместные работы Совместные работы
		PJSU	Торок Ч. Семаниш Г.	Совместные работы
	Прешов	PU	Павлуш М. + 1 чел.	Протокол
Чехия	Прага	STU	Броулим Я.	Совместные работы
Германия	Бонн	UniBonn	Вебер А.	Совместные работы
	Вуппергаль	UW	Камперт К.-Х.	Совместные работы
	Гамбург	Ун-т	Книль Б.А.	Совместные работы
	Гейдельберг	Ун-т	Стрельцов А.И.	Совместные работы
	Гессен	JLU	Хёне К.	Совместные работы

	Дармштадт	GSI	Зенгер П. Зенгер А. Васильев Ю.О. Шайденбергер К. Муха И. Киселев О. Мюллер Ф. Шницер П. Фишер Э. Фризе В.	Совместные работы
	Дрезден	IFW	Ван ден Бринк Й. Хозои Л.	Совместные работы
	Йена	Ун-т	Штернбек А.	Совместные работы
	Кассель	Uni Kassel	Зайлер В.М.	Совместные работы
	Марбург	Ун-т	Брандт Р.	Совместные работы
	Мюнхен	LMU	Вольтер Х.	Совместные работы
	Фрайберг	TUBAF	Лейбинг С.	Совместные работы
	Франкфурт/М	Ун-т	Кисель И.В. Линденштрут В.	Совместные работы
Италия	Турин	INFN	Балестра Ф. Пираджино Г.	Совместные работы
	Бари	UniBa	Ла Скала Р.	Совместные работы
	Фраскати	INFN LNF	Датоли Дж.	Совместные работы
ЮАР	Кейптаун	UCT	Алексеева Н.	Соглашение
	Претория	UP	Энгельбрехт А. + 1 чел.	Соглашение
	Стелленбос	SU	Коули А.	Соглашение
Австралия	Сидней	Ун-т	Реза Хашеми-Нежад	Совместные работы
Бельгия	Брюссель	ULB	Карпов Е.А.	Совместные работы
	Льеж	ULg	Куньон Ж. Кудель Ж.Р. Лансберг Ж.П.	Совместные работы
Бразилия	Сан-Карлос	IFSC USP	Багнато В.С.	Совместные работы
Греция	Салоники	AUTH	Антониоу Я. Костакостос К.	Совместные работы
Канада	Торонто	IBM Lab	Абрашкевич А.	Совместные работы
	Эдмонтон	U of A	Сафухи Х.	Совместные работы
Индия	Калькутта	JU	Рахаман Ф.	Совместные работы
Китай	Ханчжоу	ZJU	Шао-Кай Луо	Совместные работы
Португалия	Лиссабон	UL	Конотоп В. Зезюлин Д.	Совместные работы
США	Аргонн	ANL	Гохар Ю.	Совместные работы
	Стэнфорд	SU	Михелс Д.	Совместные работы
Таджикистан	Душанбе	ТНУ	Абдулоев Х. + 3 чел. Рахимов Ф. Муминов Х.Х. Хохлов А.Х.	Совместные работы
		ФТИ АН РТ		Совместные работы
	Худжанд	ХГУ	Додожонов Е.Д. Мулложонов М.М. Муртазаев Х. Музафаров Д.З.	Совместные работы

Тайвань	Тайбэй	AS	Чин Кун Ху Айрян Ш.	Совместные работы
Франция	Нанси	UL	Джулакян Б.Б.	Совместные работы
	Нант	SUBATECH	Тиолье Н.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Христов П. Аволио Дж. Астигаррага Е. Рибон А. + 5 чел. Балларино А. Жианнелли С.	Совместные работы
Швейцария	Цюрих	ETH	Сорнетт Д.	Совместные работы
Япония	Осака	Kansai Univ.	Кук Н.Д.	Совместные работы