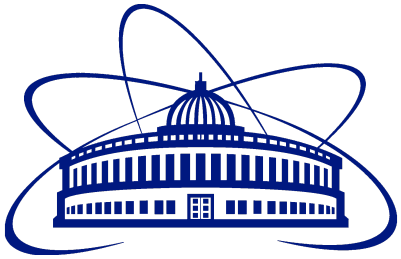
Проект



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ И МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА 2027 ГОД

Дубна 2026

Все темы или активности Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества распределены по научным направлениям. Каждой теме или активности присваивается шифр, состоящий из четырех (пяти) групп цифр:

1 группа* - номер направления исследований
2 группа** - лаборатория ОИЯИ
3 группа - порядковый номер темы, активности
4 группа - сроки начала работ по теме, активности
5 группа - сроки окончания работ по теме, активности

Все проекты (подпроекты) Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества распределены по темам. Каждому проекту (подпроекту) присваивается шифр, состоящий из шести групп цифр:

1 группа* - номер направления исследований
2 группа** - лаборатория ОИЯИ
3 группа - порядковый номер темы
4 группа - порядковый номер проекта (подпроекта)
5 группа - сроки начала работ по проекту (подпроекту)
6 группа - сроки окончания работ по проекту (подпроекту)

---

* 01 - Теоретическая физика
02 - Физика элементарных частиц и физика тяжелых ионов высоких энергий
03 - Ядерная физика
04 - Физика конденсированных сред
05 - Радиационные исследования в науках о жизни
06 - Информационные технологии
07 - Прикладная инновационная деятельность
08 - Физика и техника ускорителей заряженных частиц
09 - Организация научной деятельности и международного сотрудничества. Укрепление кадрового потенциала

** 0 - Общеинститутская тематика
1 - ЛФВЭ
Лаборатория физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина
2 - ЛЯП
Лаборатория ядерных проблем им. В.П. Джелепова
3 - ЛТФ
Лаборатория теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова
4 - ЛНФ
Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка
5 - ЛЯР
Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н. Флерова
6 - ЛИТ
Лаборатория информационных технологий им. М.Г. Мещерякова
7 - ЛРБ
Лаборатория радиационной биологии
8 - ДНОД
Департамент научно-организационной деятельности
9 - УНЦ
Учебно-научный центр

Ответственные за подготовку ПТП ОИЯИ

Н.А. Боклагова
Д.С. Коробов
Я.Л. Мартовская

© ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Дубна, 2026

Содержание

Перечень проектов и подпроектов **6**

Крупная научно-исследовательская инфраструктура ОИЯИ

02-1-1065-2007/2031 Комплекс NICA 12
Создание комплекса ускорителей, коллайдера и экспериментальных установок на встречных и выведенных пучках ионов для изучения плотной барионной материи, спиновой структуры нуклонов и легких ядер, проведения прикладных и инновационных работ
Кекелидзе В.Д., Бутенко А.В., Трубников Г.В.

02-2-1148-2010/2028 Baikal-GVD 26
Байкальский глубоководный нейтринный телескоп гигатонного объема
Белолаптиков И.А.

06-6-1118-2014/2030 МИВК 28
Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс
Кореньков В.В., Шматов С.В.

03-5-1129-2017/2028 DRIBs-III 34
Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР
Калагин И.В., Сидорчук С.И.

04-4-1149-2024/2028 Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров 38
Лычагин Е.В., Куликов С.А.

Теоретическая физика (01)

01-3-1135-2019 Фундаментальные взаимодействия полей и частиц 57
Казаков Д.И., Теряев О.В.

01-3-1136-2019 Теория ядерных систем 70
Антоненко Н.В., Джиоев А.А., Ершов С.Н.

01-3-1137-2019 Теория сложных систем и перспективных материалов 80
Осипов В.А., Поволоцкий А.М.

01-3-1138-2019 Современная математическая физика: интегрируемость, гравитация и суперсимметрия 89
Исаев А.П., Кривонос С.О.

Физика элементарных частиц и физика тяжелых ионов высоких энергий (02)

Участие в международных экспериментах

02-1-1066-2007 Исследование свойств ядерной материи и структуры частиц на коллайдере релятивистских ядер и поляризованных протонов 98
Ледницки Р., Панебратцев Ю.А.

02-2-1081-2009 ATLAS. Модернизация установки и физические исследования на LHC 105
Бедняков В.А.

02-1-1083-2009 CMS. Компактный мюонный соленоид на LHC 108
Каржавин В.Ю.

02-2-1085-2009 Экспериментальная проверка фундаментальных основ КХД 114
Гуськов А.В.

02-1-1087-2009 Исследования по физике релятивистских тяжелых и легких ионов на ускорительных комплексах Нуклотрон-М/NICA ОИЯИ и SPS ЦЕРН 117
Малахов А.И., Афанасьев С.В.

02-1-1088-2009 ALICE. Исследование взаимодействий пучков тяжелых ионов и протонов на LHC 123
Водопьянов А.С.

02-1-1096-2010 Изучение редких распадов заряженных каонов и поиск темного сектора в экспериментах на SPS ЦЕРН 129
Кекелидзе В.Д.

02-2-1151-2025 Разработка перспективных детекторов и методов анализа, адронные и редкие лептонные процессы 132
Давыдов Ю.И.

Эксперименты на ускорительном комплексе NICA

02-1-1086-2009 Странность в адронной материи и исследование неупругих реакций вблизи кинематических границ 135
Строковский Е.А., Кокоулина Е.С., Кривенков Д.О.

02-1-1097-2010 Изучение поляризационных явлений и спиновых эффектов на ускорительном комплексе Нуклотрон-М/NICA ОИЯИ 140
Ладыгин В.П.

02-1-1150-2025 Фундаментальные и прикладные исследования в физике на пучках релятивистских частиц 145
Балдин А.А.

Нейтринная физика и астрофизика

02-2-1099-2010 Изучение нейтринных осцилляций и астрофизические исследования 151
Наумов Д.В., Ольшевский А.Г.

02-2-1144-2021 Поиск новой физики в лептонном секторе 156
Цамалаидзе З.

Ядерная физика (03)

03-4-1146-2024 Нейтронная ядерная физика 160
Копач Ю.Н., Седышев П.В., Швецов В.Н.

03-5-1130-2017 Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности 172
Сидорчук С.И.

03-2-1100-2010 Неускорительная нейтринная физика и астрофизика 176
Якушев Е.А., Розов С.В.

Физика конденсированных сред (04)

04-4-1147-2024 Оптические методы в исследованиях конденсированных сред 187
Арзуманян Г.М., Кучерка Н.

Радиационные исследования в науках о жизни (05)

05-7-1077-2009 Исследования биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками 190
Бугай А.Н.

05-2-1132-2017 Исследование молекулярно-генетических механизмов адаптаций экстремофильных организмов 197
Кравченко Е.В.

Информационные технологии (06)

06-6-1119-2014 Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных 200
Шматов С.В., Чулуунбаатар О.

Прикладная инновационная деятельность (07)

07-1-1107-2011 Прикладные исследования на комплексе NICA для задач радиационного материаловедения, наук о жизни и новых методов генерации энергии 211
Белов О.В., Сыресин Е.М.

07-5-1131-2017 Радиационное материаловедение, нанотехнологические и биомедицинские исследования с пучками тяжелых ионов 218
Апель П.Ю.

07-1-A001-2025/**2027** Создание линейки высоковольтных источников питания и коммутаторов напряжения для экспериментальных установок 224
Понкин Д.О.

07-2-A002-2025/2028 Разработка систем измерения оксигенации глубоких тканей методом диффузионной оптики во временном домене (TD-DO) 225
Селюнин А.С.

07-2-A003-2025/2028 Разработка микро-ОФЭКТ систем для прецизионной визуализации в условиях модельных биологических экспериментов 226
Рожков В.А.

07-4-A004-2025/2028 Тестирование нейротоксичности и оценка накопления контрастирующих агентов, наночастиц и иных соединений на животных моделях в формате TaaS 228
Зиньковская И.

07-5-A005-2025/2028 Многофункциональная препаративная система тангенциальной фильтрации 230
Виноградов И.И.

Физика и техника ускорителей заряженных частиц (08)

08-2-1126-2015 Развитие научной инфраструктуры ЛЯП для проведения исследований с применением полупроводниковых детекторов, лазерной метрологии, электронов, позитронов и криогенной техники 233
Глаголев В.В., Шелков Г.А.

08-2-1127-2016 Перспективные разработки систем ускорителей и коллайдеров нового поколения для фундаментальных и прикладных целей 240
Трубников Г.В., Гикал Б.Н.

Организация научной деятельности и международного сотрудничества. Укрепление кадрового потенциала. Образовательная программа (09)

09-8-1037-2001 Аналитические и методические разработки для организации научных исследований и международного сотрудничества по основным направлениям развития ОИЯИ 246
Матвеев В.А., Неделько С.Н., Куликов О.-А.

09-9-1139-2019 Научно-образовательные программы подготовки высококвалифицированных кадров 250
Трубников Г.В., Каманин Д.В., Бадави В.

09-3-1117-2014 DIAS-TH. Дубненская международная школа современной теоретической физики 259
Пироженко И.Г.

Алфавитный указатель: международное сотрудничество **261**

Перечень проектов и подпроектов
Проблемно-тематического плана ОИЯИ на 2027 год

	Шифр проекта (*подпроекта*)	Наименование и руководители проекта (*подпроекта*)	
	Крупная научно-исследовательская инфраструктура ОИЯИ		
1.	02-1-1065-1-2011/**2027**	Нуклотрон-NICA Бутенко А.В., Сыресин Е.М.	13
2.	02-1-1065-2-2011/2031	BM@N Капишин М.Н.	16
3.	02-1-1065-3-2011/2030	MPD Головатюк В.М., Кекелидзе В.Д., Рябов В. Г.	17
4.	02-1-1065-4-2020/2029	SPD Гуськов А.В.	20
5.	02-2-1148-1-2010/2028	Baikal-GVD Белолаптиков И.А.	26
6.	06-6-1118-1-2014/2030	МИВК. Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс Кореньков В. В., Шматов С.В.	28
7.	03-5-1129-1-2024/2028	Создание ускорительного комплекса У-400Р Калагин И.В., Карпов А.В.	34
8.	03-5-1129-2-2024/2028	Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов Сидорчук С.И.	35
9.	04-4-1149-2-2021/2028	Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов Козленко Д.П., Аксенов В.Л., Балагуров А.М.	39
	04-4-1149-2-1-2024/2028	*Исследование структуры и динамики функциональных материалов и наносистем на базе комплекса спектрометров реактора ИБР-2* Козленко Д.П.	41
	04-4-1149-2-2-2021/2028	*Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии BJN (Байорек-Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2* Ракша Е.В., Горемычкин Е.А.	43
10.	04-4-1149-3-2021/2028	*Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2* Боднарчук В.И., Приходько В.И.	47
	04-4-1149-3-2-2024/2028	*Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами* Черников А.Н.	49
	04-4-1149-3-3-2024/2028	*Разработка и развитие элементов инфраструктуры спектрометров на реакторе ИБР-2* Боднарчук В.И., Приходько В.И., Булавин М.В.	49
11.	04-4-1149-4-2021/2028	Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ Лычагин Е.В., Швецов В.Н., Булавин М.В.	52

04-4-1149-4-1-2024/2028 *Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обоснование разработки эскизного проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ – пульсирующего быстрого реактора НЕПТУН* 54
Лычагин Е.В., Швецов В.Н., Булавин М.В.

Теоретическая физика (01)

12. 01-3-1135-1-2024/2028 Квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели 57
Казаков Д.И., Бедняков А.В.

13. 01-3-1135-2-2024/2028 КХД и структура адронов 60
Аникин И.В., Михайлов С.В., Теряев О.В.

14. 01-3-1135-3-2024/2028 Феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика 62
Коробов В.И., Иванов М.А.

15. 01-3-1135-4-2024/2028 Теория адронной материи при экстремальных условиях 64
Брагута В.В., Коломейцев Е.Е., Неделько С.Н.

16. 01-3-1135-5-2024/2028 Теория электрослабых взаимодействий и физика нейтрино 65
Арбузов А.Б., Наумов В.А.

17. 01-3-1136-1-2024/2028 Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики 70
Джиоев А.А.

18. 01-3-1136-2-2024/2028 Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем 72
Ершов С.Н., Адамян Г.Г.

19. 01-3-1136-3-2024/2028 Квантовые системы нескольких частиц 73
Мотовилов А.К., Мележик В.С.

20. 01-3-1136-4-2024/2028 Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы 74
Бондаренко С.Г., Ларионов А.Б.

21. 01-3-1137-1-2024/2028 Сложные материалы 80
Аницаш Е.М

22. 01-3-1137-2-2024/2028 Математические модели статистической физики сложных систем 82
Поволоцкий А.М.

23. 01-3-1137-3-2024/2028 Наноструктуры и наноматериалы 83
Осипов В А., Катков В.Л.

24. 01-3-1137-4-2024/2028 Методы квантовой теории поля в сложных системах 85
Гнатич М.

25. 01-3-1138-1-2024/2028 Интегрируемые системы и симметрии 89
Исаев А.П., Кривонос С.О., Тюрин Н.А.

26. 01-3-1138-2-2024/2028 Суперсимметрия, высшие спины, гравитация 90
Иванов Е.А., Федорук С.А.

27. 01-3-1138-3-2024/2028 Квантовая гравитация, космология и струны 93
Пироженко И.Г., Фурсаев Д.В.

Физика элементарных частиц и физика тяжелых ионов высоких энергий (02)

Участие в международных экспериментах

28. 02-1-1066-1-2010/2029 — STAR — 98
Панебратцев Ю.А., Ледницки Р.

29. 02-2-1081-1-2010/2030 — ATLAS. Модернизация установки и физические исследования на LHC — 105
Бедняков В.А.

30. 02-1-1083-1-2010/2030 — CMS. Физические исследования в эксперименте CMS и вторая фаза модернизации установки для работы в условиях высокой светимости — 108
Каржавин В.Ю.

31. 02-2-1085-1-2007/2028 — BESIII — 114
Денисенко И.И.

32. 02-2-1085-2-2024/2029 — NA66/AMBER. Изучение фундаментальных свойств адронов — 115
Гуськов А.В.

33. 02-1-1087-1-2012/2028 — NA61/SHINE — 117
Малахов А.И.

34. 02-1-1087-2-2017/**2027** — СКАН-3 — 118
Афанасьев С.В.

35. 02-1-1088-1-2010/2030 — ALICE — 123
Водопьянов А.С.

36. 02-1-1096-1-2010/**2027** — NA62 — 129
Кекелидзе В.Д.

37. 02-1-1096-2-2017/2031 — NA64 — 130
Матвеев В.А., Пешехонов Д.В.

38. 02-2-1151-1-2025/**2027** — Разработка физической программы и детекторов для экспериментов на СЕРС — 132
Давыдов Ю.И., Жемчугов А.С.

Эксперименты на ускорительном комплексе NICA

39. 02-1-1086-1-2025/2029 — HyperNIS-SRC. Странность в гиперядрах и короткодействующие двухнуклонные корреляции — 135
Кривенков Д.О., Лукстиньш Ю.

40. 02-1-1097-1-2010/**2027** — АЛПОМ-2 — 140
Пискунов Н.М.

41. 02-1-1097-2-2010/**2027** — DSS — 141
Ладыгин В.П.

42. 02-1-1150-1-2025/2029 — FLAP. Фундаментальная и прикладная физика с использованием пучков релятивистских ускоренных электронов — 145
Балдин А.А.

Нейтринная физика и астрофизика

43. 02-2-1099-1-2009/2031 — JUNO — 151
Наумов Д.В.

44. 02-2-1099-4-2026/2028 — Изучение свойств нейтрино в ускорительных экспериментах — 152
Колупаева Л.Д., Ольшевский А.Г.

45. 02-2-1099-3-2015/2029 TAIGA 152
Бородин А.Н.

46. 02-2-1144-1-2021/2029 COMET 156
Цамалаидзе З.

Ядерная физика (03)

47. 03-4-1146-1-2014/2028 TANGRA. Разработка и развитие метода меченных нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций 161
Копач Ю.Н.

48. 03-4-1146-2-2022/**2027** Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры 162
Дорошкевич А.С.

49. 03-4-1146-3-2022/2028 Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона 163
Швецов В.Н., Седышев П.В.

50. 03-4-1146-4-2026/**2027** Разработка концепции источника ультрахолодных нейтронов на импульсном реакторе ИБР-2 165
Швецов В.Н., Кулин Г.В.

51. 03-5-1130-1-2024/2028 Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов 172
Иткис М.Г., Карпов А.В.

52. 03-5-1130-2-2024/2028 Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности 173
Каминьски Г., Сидорчук С.И.

53. 03-2-1100-1-2024/2028 Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины 176
Философов Д.В.

54. 03-2-1100-2-2024/2028 Исследования реакторных нейтрино на короткой базе 179
Житников И.В.

55. 03-2-1100-3-2024/2028 Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений 181
Зинатулина Д.Р.

Физика конденсированных сред (04)

56. 04-4-1147-1-2024/2028 НАНОБИОФОТОНИКА 187
Арзуманян Г.М., Маматкулов К.З.

Радиационные исследования в науках о жизни (05)

57. 05-7-1077-1-2024/2028 Молекулярные, генетические и организменные эффекты действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками 190
Борейко А.В., Лобачевский П.Н.

58. 05-7-1077-2-2024/2028 Радиационно-биофизические и астробиологические исследования 192
Падрон Д.И., Розанов А.Ю.

59. 05-2-1132-1-2021/2028 TARDISS. Защита от физико-химических стрессов с помощью белков тихоходок 197
Кравченко Е.В.

Информационные технологии (06)

60. 06-6-1119-1-2024/2031 Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных 201
Шматов С.В.

61. 06-6-1119-2-2024/2031 Методы вычислительной физики для исследования сложных систем 203
Земляная Е.В., Чулуунбаатар О.

Прикладная инновационная деятельность (07)

62. 07-1-1107-1-2018/**2027** ADSR. Подкритический реактор с ускорительным приводом 211
Параипан М.

63. 07-5-1131-1-2024/2028 Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов 218
Скуратов В.А.

64. 07-5-1131-2-2024/2028 Нанокомпозитные и функциональные трековые мембраны 219
Апель П.Ю.

65. 07-5-1131-3-2025/2029 Высокочувствительные сенсоры, работающие на принципах молекулярного узнавания для детектирования вирусов 221
Нечаев А.Н., Завьялова Е.Г.

Физика и техника ускорителей заряженных частиц (08)

66. 08-2-1126-1-2024/2028 Создание и развитие тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов ЛИНАК-200 в ЛЯП 234
Госткин М.И.

67. 08-2-1126-2-2016/2028 Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов 235
Глаголев В.В., Ляблин М.В.

68. 08-2-1126-3-2016/2028 Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на моно-хроматических пучках позитронов (PAS) 236
Сидорин А.А.

69. 08-2-1126-4-2015/2028 Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований 237
Шелков Г.А.

70. 08-2-1126-5-2011/2028 GDH&SPASCHARM 237
Усов Ю.А.

71. 08-2-1127-1-2024/**2027** Создание испытательных стендов для тестирования подсистем циклотрона MSC-230 240
Карамышева Г.А., Яковенко С.Л.

72. 08-2-1127-2-2026/**2027** Технологический комплекс позитронной аннигиляционной спектроскопии ПАСТех 241
Яковенко С.Л.

Организация научной деятельности и международного сотрудничества. Укрепление кадрового потенциала. Образовательная программа (09)

73. 09-9-1139-1-2021/2028 Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ 253
Панебратцев Ю.А.

74. 09-3-1117-1-2024/2028 DIAS-TH. Дубненская международная школа современной теоретической физики 259
Пироженко И.Г., Колганова Е.А.

Крупная научно-исследовательская инфраструктура ОИЯИ

02-1-1065-2007/2031

Комплекс NICA
Создание комплекса ускорителей, коллайдера и экспериментальных установок на встречных и выведенных пучках ионов для изучения плотной барионной материи, спиновой структуры нуклонов и легких ядер, проведения прикладных и инновационных работ

Руководители: Кекелидзе В.Д.
Бутенко А.В.
Трубников Г.В.

Заместители: Головатюк В.М.
Капишин М.Н.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Германия, Грузия, Египет, Казахстан, Китай, Куба, Мексика, Молдова, Монголия, Россия, Сербия, Словакия, США, Узбекистан, Чили, ЮАР, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Поиск и экспериментальное исследование фазовых переходов в сильновзаимодействующей ядерной материи при экстремальных барионных плотностях, спиновой структуры нуклонов, легких ядер и поляризационных эффектов в малонуклонных системах. Разработка теоретических моделей исследуемых процессов и теоретическое сопровождение экспериментов. Развитие ускорительного комплекса Нуклотрон как базы для изучения релятивистских ядерных столкновений в диапазоне масс A=1 ÷ 197. Исследование динамики реакций и изучение модификации свойств адронов в ядерной материи, рождение странных гиперонов около порога и поиск гиперядер на детекторе BM@N во взаимодействиях выведенных пучков ионов Нуклотрона с фиксированными мишенями. Разработка и поэтапное создание тяжелоионного ускорительного комплекса на встречных пучках NICA, многоцелевого детектора (MPD/NICA) и детектора для изучения физики спина (SPD/NICA) в экспериментах на встречных пучках тяжелых ионов. Модернизация каналов вывода пучков и магнитной системы Нуклотрона. Проведение экспериментов на пучках ионов и поляризованных протонов и дейтронов Нуклотрона. Создание инфраструктуры для прикладных исследований на пучках тяжелых ионов NICA.

Проекты инфраструктуры:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Нуклотрон-NICA	Бутенко А.В. Сыресин Е.М. *Научный руководитель:* Мешков И.Н.	02-1-1065-1-2011/2027
2.	BM@N	Капишин М.Н.	02-1-1065-2-2012/2031
3.	MPD	Головатюк В.М. Кекелидзе В.Д. Рябов В.Г.	02-1-1065-3-2011/2030
4.	SPD	Гуськов А.В. *Заместитель:* Ладыгин В.П.	02-1-1065-4-2020/2029

Проекты:

	Наименование проекта	**Руководители проекта**	**Сроки реализации**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Нуклотрон-NICA**	**Бутенко А.В.** **Сыресин Е.М.** *Научный руководитель:* **Мешков И.Н.**	2011-2027 Реализация
1.1.	**Инжекционный комплекс NICA: техническое проектирование и создание инжекционного комплекса NICA (источники тяжелых ионов и поляризованных легких ядер, линейные ускорители тяжелых ионов HILAC (ЛУТИ) и легких ядер, каналы транспортировки пучков в Нуклотрон)**	**Сыресин Е.М.** **Тузиков А.В.** **Мончинский В.А.** **Лебедев В.А.**	Реализация
1.1.а.	**Ввод в действие источника тяжелых ионов (KRION)**	**Донец Е.Е.**	Реализация
1.1.б.	**Совершенствование источника поляризованных протонов и дейтронов (SPI)**	**Ившин К.А.** **Фимушкин В.В.**	Реализация
1.1.в.	**Разработка и создание систем ввода-вывода пучка и транспортировочных каналов. Разработка систем управления и диагностики пучков**	**Горбачев Е.В.** **Донец Д.Е.** **Тузиков А.В.**	Реализация
1.1.г.	**Разработка и начало изготовления нового инжектора протонов и легких ионов LILAC (ЛИЛУ)**	**Бутенко А.В.** **Головенский Б.В.** **Сыресин Е.М.**	Реализация

ЛФВЭ Аверьянов М.Ю., Акимов В.П., Базанов А.М., Бесфамильный С.А., Богатов А.С., Бойцов А.Ю., Бурашников С.А., Бутенко Е.А., Вадеев А.В., Воронин А.А., Гаранжа Н.И., Гудков С.В., Гуран Й., Гурылева И.Л., Дзугаев М.Г., Донец Е.Е., Дорофеев Г.Л., Дробин В.М., Жабин И.Н., Зиновьев Л.В., Иванов А.М., Ившин К.А., Киселев С.С., Кобец В.В., Козловский А.А., Колесов А.Б., Кубликов А.Н., Кузнецов С.М., Куликов В.Н., Куликов М.В., Куликов Н.А., Кунченко О.А., Легонцев Д.Ю., Леткин Д.С., Леушин Д.О., Лушин А.В., Люосев Д.А., Малышев Н.А., Мартынов А.А., Михайлов Е.А., Мухачев С.А., Мялковский В.В., Нестеров А.В., Пешков В.В., Погодин А.А., Понкин Д.О., Пушкарь Р.Г., Рамздорф А.Ю., Рассадов Д.Н., Романенко С.С., Рязанцев Ю.В., Сальников В.В., Свидетелев А.Н., Синюгин П.В., Сливин А.А., Соловьев А.Н., Спиридонов А.С., Тимофеев С.Б., Тихомиров А.М., Тихонов Е.В., Тюлькин В.И., Цыплаков Е.Д., Чумаков В.В., Шаповалов В.О., Шириков И.В., Шумков А.М., Шутов В.Б.

1.2.	**Развитие Бустера NICA и его технологических систем**	**Бутенко А.В.** **Мешков И.Н.** **Сыресин Е.М.** **Сидорин А.О.** **Лебедев В.А.**	Реализация
1.2.а.	**Магнитно-криостатная система, вакуумная система и система электронного охлаждения**	**Галимов А.Р.** **Сергеев А.С.** **Лебедев В.А.**	Реализация
1.2.б.	**Система питания и эвакуации энергии**	**Карпинский В.Н.** **Иванов Е.В.**	Реализация
1.2.в.	**ВЧ ускоряющая система Бустера**	**Бровко О.И.**	Реализация

1.2.г. Система диагностики, инжекции, коррекции оптики, вывода и транспортировки пучков	**Горбачев Е.В.** **Тузиков А.В.**	Реализация

ЛФВЭ Агаподченко А.В., Алфеев А.В., Андреев В.А., Арефьев С.А., Ахмадризялов Р.М., Богдан Л.Г., Беспалов Ю.Г., Бутенко А.М., Василишин Б.В., Вильданова Л.Р., Володин А.А., Волченков И.С., Ворошилов Н.А., Галкин В.Е., Гончаров С.А., Гребенников А.В., Грибов Д.М., Гуденко М.С., Гулина М.В., Гурылев К.Н., Гусев С.А., Елисеев А.В., Елкин В.Г., Есаулков Р.О., Жуков Ю.А., Заграй А.И., Захаров А.Ю., Зорин А.Г., Иванов Г.Е., Индыков Н.В., Калинин А.В., Караваев А.В., Карпук А.Н., Карягин А.Ю., Киндяшов Д.Г., Кириченко А.Е., Киров С.В., Клягин А.С., Козлов О.С., Кондриков И.В., Косачев В.В., Кубликов А.Н., Кузнецов Д.Ю., Кузнецов М.И., Кулаева Т.А., Купцов А.В., Кутенков С.В., Лапин Р.В., Лебедев И.Н., Лебедев Н.И., Малышев А.М., Масалов Р.Н., Мешенков М.Ю., Михайлов Д.К., Михайлов С.В., Монахов Д.В., Морозов Д.М., Морозова В.В., Мыслинская О.А., Наумов О.Е., Нефедов О.А., Нефедьев С.И., Никитин А.М., Никифоров Д.Н., Ноженко Ю.М., Носов К.А., Ньюгейт Н.А., Осипенков А.Л., Петров В.Д., Петров М.В., Пивин Р.В., Пиляр Н.В., Полякова В.К., Попков Р.Г., Прозоров О.В., Романов С.В., Ромашов А.А., Рукояткин П.А., Румянцев С.А., Рыжов Д.В., Савельев А.А., Савельев Д.Ю., Светов А.Л., Седых Г.С., Селиванов В.Ю., Сергеев А.В., Сидоренков Т.В., Силушин Г.И., Смирнова З.И., Смирнов С.А., Смолков Р.А., Степанов В.М., Степанов В.С., Тараканов А.С., Тарасов В.В., Тищенко А.Б., Товстуха В.Г., Травин Н.В., Федоров В.В., Феоктистов А.А., Филатов Г.А., Филиппов А.В., Филиппов М.Н., Филиппов Н.А., Цветкова Ю.А., Черкунов Д.С., Чуркин В.Г., Шахматов А.С., Шурыгин А.А., Щербаков А.Н., Юдин И.С., Яблочкин М.И.

ЛЯП Ахманова Е.В., Орлов О.С., Рудаков А.Ю., Рыбаков Н.А., Сидорин А.А., Федоров А.Н., Хилинов В.И., Яковенко С.Л.

1.3. Развитие и обновление Нуклотрона	**Бутенко А.В.** **Сидорин А.О.** **Сыресин Е.М.** **Никифоров Д.Н.** **Лебедев В.А.**	Проектирование Реализация
1.3.а. Магнитно-криостатная система, вакуумная система	**Галимов А.Р.**	Проектирование Реализация
1.3.б. Система питания и эвакуации энергии	**Карпинский В.Н.** **Иванов Е.В.**	Проектирование Реализация
1.3.в. ВЧ ускоряющая система Нуклотрона	**Бровко О.И.** **Володин А.А.**	Проектирование Реализация
1.3.г. Система диагностики, инжекции, коррекции оптики, вывода и транспортировки пучков	**Горбачев Е.В.** **Рукояткин П.А.**	Проектирование Реализация

ЛФВЭ Агаподченко А.В., Аверичев А.С., Аксенов И.В., Алфеев А.В., Андреев В.А., Арефьев С.А., Ахмадризялов Р.М., Базанов А.М., Беляков Е.С., Беспалов Ю.Г., Бесфамильный С.А., Богатов А.С., Богдан Л.Г., Бойцов А.Ю., Борисов В.В., Булах А.П., Бутенко А.М., Бутенко Е.А., Вадеев А.В., Василишин Б.В., Володин А.А., Воронин А.А., Ворошилов Н.А., Волченков И.С., Вильданова Л.Р., Гаевский А.В., Галкин В.Е., Ганюшкин Ф.Н., Гаранжа Н.И., Головенский Б.В., Голубев И.И., Голубицкий О.М., Гончаров С.А., Гореликов С.П., Гребенников А.В., Грибов Д.М., Гудков С.В., Гулина М.В., Гурылев К.Н., Гурылева И.Л., Гусев С.А., Долгий С.А., Донгузов И.И., Донец Д.Е., Донец Е.Е., Донягин А.М., Дорофеев Г.Л., Дробин В.М., Елисеев А.В., Елкин В.Г., Емельянов А.Э., Есаулков Р.О., Жабин И.Н., Жабицкий В.М., Жбанков А.С., Заграй А.И., Захаров А.Ю., Зиновьев Л.В., Золотых Д.А., Золотых Е.В., Зорин А.Г., Иванов Г.Е., Индыков Н.В., Карпук А.Н., Каширин В.А., Кириченко А.Е., Киров С.В., Климанский Д.И., Клягин А.С., Кобец В.В., Коврижина И.К., Козлов А.П., Козлов О.С., Колесов А.Б., Константинов А.В., Коробицина М.Ю., Коровкин С.А., Королев В.С., Королева Г.Е., Косачев В.В., Косинов В.А., Киндяшов Д.Г., Кубликов А.Н., Кудашкин А.В., Кудинова Т.Г., Кудряшов П.И., Кузнецов А.А., Кузнецов А.А., Кузнецов Г.Л., Кузнецов Д.Ю., Кузнецов М.И., Кузякин Р.А., Кулаева Т.А., Куликов Е.А., Куликов М.В., Куликов Н.А., Кунченко О.А., Купцов В.В., Кутузова Л.В., Лапин Р.В., Лебедев И.Н., Лебедев Н.И., Лебедева И.Г., Лепкин М.П., Леткин Д.С., Леушин Д.О., Лобанов Д.В., Лошманова К.В., Лученцов В.О., Лушин А.В., Люосев Д.А., Малышев А.М., Мартынов А.А., Масалов Р.Н., Матюханов Е.С., Меркурьев А.А., Меркурьев А.В., Мешенков М.Ю., Митрофанова Ю.А., Михайлов Е.А., Михайлов С.В., Монахов Д.В., Мончинский В.А., Морозов Д.М.,

Морозова В.В., Мосалов В.А., Мялковский В.В., Наумов О.Е., Неаполитанский Д.В., Негей Е.А., Нестеров А.В., Нефедов О.А., Нефедьев С.И., Никитин А.М., Никифоров Д.Н., Николайчук И.Ю., Новиков М.С., Новожилов С.Ю., Ноженко Ю.М., Носов К.А., Ньюгейт Н.А., Омельяненко М.М., Осипенков А.Л., Парфенов О.А., Пашинский В.В., Петров В.Д., Петров И.М., Петров М.В., Петухов А.С., Пешков В.В., Пешкова Л.А., Пивин Р.В., Пиляр Н.В., Погодин А.А., Полякова В.К., Понкин Д.О., Пономарев А.А., Прозоров О.В., Пушкарь Р.Г., Рамздорф А.Ю., Рассадов Д.Н., Репкин И.Н., Романов С.В., Рукояткина Т.В., Румянцев С.А., Рыжов Д.В., Савельев Д.Ю., Савенкова М.К., Светов А.Л., Свешникова Л.Е., Свидетелев А.Н., Свидетелева М.И., Седых Г.С., Сергеев А.В., Сергеева Е.В., Селиванов В.Ю., Сидоренков Т.В., Сидоров А.И., Сидоров П.А., Сидорова В.О., Скрыпник А.В., Сливин А.А., Смирнов В.Л., Смирнов С.А., Смирнова З.И., Смолков Р.А., Сорокин А.Г., Станков О.Ю., Талызин Р.В., Тарасов В.В., Тихомиров А.М., Тихонов Е.В., Тищенко А.Б., Травин Н.В., Троицкий А.А., Тюлькин В.И., Фатеев А.А., Феоктистов А.А., Филатов Г.А., Филиппов А.В., Филиппов М.Н., Филиппов Н.А., Филиппова Е.Ю., Фимушкин В.В., Цветков А.В., Цветкова Ю.А., Черкасов П.С., Черкунов Д.С., Чмырев А.Ю., Чудаков В.В., Чумаков В.В., Шабратов В.Г., Шандов М.М., Швидкий Д.С., Шемчук А.В., Шириков И.В., Шумков А.М., Шурыгин А.А., Шутов В.Б., Щербаков А.Н., Юрков М.В., Яблочкин М.И.

1.4.	**Техническое проектирование, разработка технологических систем и создание коллайдера тяжелых ядер NICA с энергией E_{CM}= 4-11 ГэВ и средней светимостью $1 \cdot 10^{27}$ см $^{-2}$с $^{-1}$ и поляризованных легких ядер со светимостью $1 \cdot 10^{32}$ см $^{-2}$с $^{-1}$ (по протонам при E_{CM}=27 ГэВ)**	**Костромин С.А. Лебедев В.А. Мешков И.Н. Сидорин А.О. Сыресин Е.М.**	Проектирование Реализация
1.4.а.	**Магнитно-криостатная и ваккуумная система**	**Галимов А.Р. Никифоров Д.Н.**	Реализация
1.4.б.	**Системы питания и эвакуации энергии**	**Карпинский В.Н. Иванов Е.В. Петров М.В.**	Реализация
1.4.в.	**ВЧ система коллайдера**	**Бровко О.И. Малышев А.М.**	Реализация
1.4.г.	**Система транспортировки, диагностики и инжекции пучков**	**Горбачев Е.В. Тузиков А.В.**	Проектирование Реализация
1.4.д.	**Системы охлаждения и обратной связи пучков заряженных частиц**	**Мешков И.Н. Сидорин А.О. Лебедев В.А. Горелышев И.В.**	Проектирование Реализация
1.4.е.	**Система мониторирования и управления поляризацией пучков протонов и дейтронов**	**Костромин С.А. Фимушкин В.В.**	Проектирование Реализация

ЛФВЭ Агаподченко А.В., Аверичев А.С., Аксенов И.В., Алфеев А.В., Андреев В.А., Арефьев С.А., Ахмадризялов Р.М., Базанов А.М., Беляков Е.С., Беспалов Ю.Г., Бесфамильный С.А., Богатов А.С., Богдан Л.Г., Бойцов А.Ю., Борисов В.В., Булах А.П., Бутенко А.М., Бутенко Е.А., Вадеев А.В., Василишин Б.В., Володин А.А., Воронин А.А., Волченков И.С., Ворошилов Н.А., Вильданова Л.Р., Гаевский А.В., Галкин В.Е., Гаранжа Н.И., Головенский Б.В., Голубев И.И., Голубицкий О.М., Гончаров С.А., Гореликов С.П., Гребенников А.В., Грибов Д.М., Гудков С.В., Гудков С.В., Гулина М.В., Гурылев К.Н., Гурылева И.Л., Гусев С.А., Долгий С.А., Донгузов И.И., Донец Д.Е., Донец Е.Е., Донягин А.М., Дорофеев Г.Л., Дробин В.М., Елисеев А.В., Елкин В.Г., Емельянов А.Э., Есаулков Р.О., Жабин И.Н., Жабицкий В.М., Жбанков А.С., Заграй А.И., Захаров А.Ю., Зиновьев Л.В., Золотых Д.А., Зорин А.Г., Иванов Г.Е., Исадов В.А., Искорнев Е.Н., Индыков Н.В., Карпук А.Н., Каширин В.А., Киндяшов Д.Г., Кириченко А.Е., Киров С.В., Климанский Д.И., Клягин А.С., Кобец В.В., Коврижина И.К., Козлов А.П., Козлов О.С., Колесов А.Б., Константинов А.В., Кондриков И.В., Коробицина М.Ю., Коровкин С.А., Королев В.С., Королева Г.Е., Косачев В.В., Косинов В.А., Кудашкин А.В., Кудинова Т.Г., Кудряшов П.И., Кузнецов А.А., Кузнецов А.А., Кузнецов Г.Л., Кузнецов Д.Ю., Кузнецов М.И.,

Кузякин Р.А., Кукушкина Р.И., Кулаева Т.А., Куликов Е.А., Куликов М.В., Куликов Н.А., Кунченко О.А., Купцов В.В., Кутузова Л.В., Лапин Р.В., Лебедев Н.И., Лебедева И.Г., Лепкин М.П., Леткин Д.С., Леушин Д.О., Лобанов Д.В., Лошманова К.В., Лученцов В.О., Лушин А.В., Люосев Д.А., Малышев А.М., Мартынов А.А., Масалов Р.Н., Матюханов Е.С., Меркурьев А.А., Мешенков М.Ю., Митрофанова Ю.А., Михайлов Е.А., Михайлов С.В., Монахов Д.В., Мончинский В.А., Морозов Д.М., Морозова В.В., Мосалов В.А., Мялковский В.В., Наумов О.Е., Неаполитанский Д.В., Негей Е.А., Нестеров А.В., Нефедов О.А., Нефедьев С.И., Никитин А.М., Никифоров Д.Н., Николайчук И.Ю., Новиков М.С., Ноженко Ю.М., Носов К.А., Омельяненко М.М., Осипенков А.Л., Парфенов О.А., Пашинский В.В., Петров В.Д., Петров И.М., Петров М.В., Петухов А.С., Пешков В.В., Пешкова Л.А., Пивин Р.В., Пиляр Н.В., Погодин А.А., Полякова В.К., Понкин Д.О., Пономарев А.А., Прозоров О.В., Пушкарь Р.Г., Рамздорф А.Ю., Рассадов Д.Н., Репкин И.Н., Романов С.В., Рукояткин П.А., Рукояткина Т.В., Румянцев С.А., Рыжов Д.В., Савенкова М.К., Светов А.Л., Свешникова Л.Е., Свидетелев А.Н., Свидетелева М.И., Седых Г.С., Селиванов В.Ю., Сергеев А.В., Сергеева Е.В., Сидоренков Т.В., Сидоров А.И., Сидоров П.А., Сидорова В.О., Скрыпник А.В., Сливин А.А., Смирнов В.Л., Смирнов С.А., Смирнова З.И., Смолков Р.А., Сорокин А.Г., Станков О.Ю., Степанов В.С., Талызин Р.В., Тарасов В.В., Тихомиров А.М., Тихонов Е.В., Тищенко А.Б., Травин Н.В., Тюлькин В.И., Фатеев А.А., Филатов Г.А., Филиппов А.В., Филиппов М.Н., Филиппов Н.А., Филиппова Е.Ю., Цветков А.В., Цветкова Ю.А., Черкасов П.С., Чернова А.А., Чмырев А.Ю., Чудаков В.В., Чумаков В.В., Черкунов Д.С., Шабратов В.Г., Шандов М.М., Швидкий Д.С., Шемчук А.В., Шириков И.В., Шумков А.М., Шурыгин А.А., Шутов В.Б., Щербаков А.Н., Юрков М.В., Яблочкин М.И.

ЛЯП Ахманова Е.В., Орлов О.С., Рудаков А.Ю., Сидорин А.А., Хилинов В.И., Яковенко С.Л.

СГИ (ОРБ) Ширков С.Г., Щеголев В.Ю.

1.5.	**Разработка, создание и развитие криогенных систем**	**Агапов Н.Н.** **Константинов А.В.**	Проектирование Реализация

ЛФВЭ Арефьев С.А., Башева М.А., Белов Д.М., Гореликов С.П., Гудков С.В., Дробин В.М., Емельянов А.Э., Иванов Е.В., Кондратьев М.В., Косинов В.А., Куликов Е.А., Лобанов Д.В., Митрофанова Ю.А., Петров И.М., Пешкова Л.А., Смирнов С.А., Филиппова Е.Ю., Яровикова О.Б.

Краткая аннотация и научное обоснование (проект NICA):
Проведение работ по развитию имеющейся инфраструктуры ускорительного комплекса ЛФВЭ: ЛУТИ, Бустера, Нуклотрона, каналов транспортировки пучка в корп. 1, корп. 205 и зд. 17 и других систем и нового оборудования необходимого для запуска коллайдера NICA в проектной конфигурации оборудования в 2027 году.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Запуск объектов ускорительного комплекса NICA с базовой конфигурацией оборудования коллайдера, продолжение экспериментальных исследований на фиксированных мишенях с пучками тяжелых ионов и поляризованными пучками легких ядер, начало экспериментов на встречных пучках, разработка, испытание прототипов и изготовление предсерийных образцов элементов для «нового» Нуклотрона.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Проведение экспериментов с циркулирующим в коллайдере пучком тяжелых ионов с кинетической энергией до 2 ГэВ/н в режимах с внутренней мишенью и столкновений сгустков.

2.	**BM@N**	**Капишин М.Н.**	2012-2031
			Реализация
2.1.	**Развитие технологической зоны установки: усиление радиационной защиты, совершенствование детекторных подсистем инженерной инфраструктуры**	**Анисимов С.Ю.** **Капишин М.Н.** **Пиядин С.М.**	Реализация
2.2.	**Создание базового комплекса детекторов установки BM@N**	**Капишин М.Н.** **Пиядин С.М.**	Реализация

2.3. Развитие технологических и инженерных систем, систем контроля и тестовых зон установки

Анисимов С.Ю.
Пиядин С.М.
Топилин Н.Д.

Реализация

ЛФВЭ Агакишиев Г.Н., Азорский В.Н., Алишина К.А., Астахов В.И., Афанасьев С.В., Бабкин В.А., Базылев С.Н., Басс В., Бузин С.Г., Буряков М.Г., Васендина В.А., Воронин А.А., Габдрахманов И.Р., Гаврищук О.П., Герценбергер К.В., Герценбергер С.В., Головатюк В.М., Григорьев П.Н., Дементьев Д.В., Джурнич Б., Дмитриев А.В., Дрноян Д.Р., Дряблов Д.К., Дубинчик Б.В., Дулов П.О., Егоров А.С., Елша В.В., Жаворонкова И.А., Замятин Н.И., Зинченко А.И., Зинченко Р.А., Зубарев Е.В., Каржавин В.Ю., Каттабеков Р.Р., Кекелидзе В.Д., Кирюшин Ю.Т., Колесников В.И., Коложвари А.А., Константинова Е.Н., Копылов Ю.А., Круглова И.В., Кузнецов А.С., Куклин С.Н., Кулиш Е.М., Кутергина В.В., Ладыгин Е.А., Лашманов Н.А., Ледницки Р., Ленивенко В.В., Маканькин А.М., Малахов А.И., Мерц С.П., Мурин Ю.А., Нагдасев Р.В., Никитин Д.Н., Новожилов С.В., Осокин И.С., Плотников В.А., Полев И.Ю., Пухаева Н.Е., Решетова С.В., Рогов В.Ю., Романов И.А., Рукояткин П.А., Румянцев М.М., Руфанов И.А., Сакулин Д.Г., Седых С.А., Сергеев С.В., Слепнев В.М., Слепнев И.В., Слепов И.П., Смирнов А.В., Сорин А.С., Спасков В.Н., Ставинский А.В., Стрелецкая Е.А., Сувариева Д.А., Сухов Б.В., Тарасов Н.А., Тарасов О.Г., Терлецкий А.В., Тимошенко А.А., Тихомиров В.В., Тяпкин И.А., Устинов В.В., Федюнин А.А., Филиппов И.А., Хабаров С.В., Хабарова Е.О., Чеботов А.И., Чемезов Д.Д., Шереметьев А.Д., Шереметьева А.И., Шитенков М.О., Шутов А.В., Шутов В.Б., Щипунов А.В., Юревич В.И.

ЛИТ Александров Е.И., Александров И.Н., Балашов Н.А., Баранов Д.А., Войтишин Н.Н., Зуев М.И., Мусульманбеков Ж.Ж., Пальчик В.В., Пелеванюк И.С., Подгайный Д.В., Стрельцова О.И., Филозова И.А.

ЛНФ Жиронкин И.С., Литвиненко Е.И.

ЛТФ Теряев О.В.

2.4. Анализ экспериментальных данных и оптимизация конфигурации BM@N для программы с пучками тяжелых ионов

Капишин М.Н.
Зинченко А.И.

Реализация

Краткая аннотация и научное обоснование (проект BM@N):
Исследование динамики реакций и изучение модификации свойств адронов в ядерной материи, рождение странных гиперонов около порога и поиск гиперядер на детекторе BM@N во взаимодействиях выведенных пучков ионов Нуклотрона с фиксированными мишенями.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Ввод в действие установки BM@N и получение физических результатов по взаимодействию пучков тяжелых ионов Нуклотрона с фиксированными мишенями с целью исследования динамики реакций и уравнения состояния ядерной материи, изучения модификации свойств адронов в материи, рождения странных гиперонов вблизи порога и поиска гиперядер.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Подготовка установки BM@N к физическому сеансу в пучке тяжелых ионов, выведенном из Нуклотрона. Получение новых экспериментальных данных на установке BM@N в пучке тяжелых ионов. Анализ новых экспериментальных данных, зарегистрированных на установке BM@N.

3. MPD

Головатюк В.М.
Кекелидзе В.Д.
Рябов В.Г.

2011-2030

Реализация

ЛФВЭ Авдеев С.П., Аверичев Г.С., Аверьянов А.В., Агакишиев Г., Адхикари Р., Александров Е.И., Александров И.Н., Альварес А.Р., Андреева С.В., Андреева Т.В., Апарин А.А., Артече Р.Д., Астахов В.И., Афанасьев С.В., Бабкин В.А., Бажажин А.Г., Базылев С.Н., Балашов И.А., Балдин Н.А., Баратов Р.В., Барышников В.М., Башарина К.Д., Беляев А.В., Беляева Е.В., Богословский Д.Н., Богуславский И.В., Бузин С.Г., Буряков М.Г., Бутенко А.В., Буторин А.В., Бхаттачарджи М., Бычков А.В., Васендина В.А., Верещагин С.В., Водопьянов А.С., Володина О.А., Воронин А.Л., Воронюк В., Гаврищук О.П., Гаганова М.А., Герасимов С.Е., Герценбергер К.В., Головатюк В.М., Голунов А.О., Гонейм Ю.С., Горбунов Н.В., Григорьев П.Н., Дементьев Д.В., Дмитриев А.В., Додохов В.Х., Долбилина Е.В., Долбилов А.Г., Донец Д.Е., Дубровин А.Ю., Дулов П.О., Дунин В.Б., Дунин Н.В.,

Елша В.В., Емельянов Н.Э., Ефремов А.А., Зайцева М.В., Замятин Н.И., Запорожец С.А., Зинченко А.А., Зинченко А.И., Зинченко Д.А., Зрюев В.Н., Зубарев А.Л., Иванов А.В., Игамкулов З.А., Исупов А.Ю., Какурин С.И., Капишин М.Н., Кашунин И.А., Кекелидзе В.Д., Кекелидзе Г.Д., Кечечян А.О., Киреев В.А., Кирюшин Ю.Т., Кожевникова М.Е., Колесников В.И., Коложвари А.А., Комаров В.Г., Костылев А.И., Крамаренко В.А., Кречетов Ю.Ф., Круглова И.В., Крылов А.В., Крылов В.А., Куклин С.Н., Лашманов Н.А., Ледницки Р., Лобанов В.И., Лобанов Ю.Ю., Лобастов С.П., Лукстиньш Ю.Р., Мадигожин Д.Т., Макаров А.Т., Малахов А.И., Маликов И.В., Медведева М.А, Мельников Д.Г., Мерц С.П., Мешков И.Н., Мигулина И.И., Мильнов Г.Д., Минаев Ю.И., Митуксин С.А., Мовчан С.А., Молоканова Н.А., Московский А.Е., Мошкин А.А., Муравкин Е.Е., Мурин Ю.А., Мухин К.А., Новоселов В.А., Олекс И.А., Орлов О.Е., Павлюкевич В.А., Пенкин В.А., Петров В.А., Пешехонов Д.В., Пиляр А.В., Пиядин С.М., Рогачевский О.В., Рогов В.Ю., Румянцев М.М., Руфанов И.А., Рыбаков А.А., Савенков А.А., Садыгов З., Самсонов В.А., Себаллос С.С., Седых С.А., Семенов А.Ю., Семенова И.А., Сергеев С.В., Серочкин Е.В., Сидорин А.О., Слепнев В.М., Слепнев И.В., Слепов И.П., Смелянский И.А., Сорин А.С., Стифоров Г.Г., Столыпина Л.Ю., Стрелецкая Е.А., Стрельцова О.И., Терешин Д.А., Терлецкий А.В., Теряев О.В., Тимошенко А.А., Тихомиров В.В., Топилин Н.Д., Трофимов В.В., Трубников Г.В., Тяпкин И.А., Удовенко С.Ю., Фатеев О.В., Федотов Ю.И., Федюнин А.А., Филиппов И.А., Хворостухин А.С., Чалышев В.В., Чеплакова В.А., Чепурнов В.В., Чепурнов Вл.В., Черемухина Г.А., Шафаревич Ю.В., Шереметьев А.Д., Шереметьева А.И., Шитенков М.О., Шмырев И.А., Шунько А.А., Шутов А.В., Шутов В.Б., Щеголев Д.В., Щипунов А.В., Юревич В.И.

ЛЯП Гуськов А.В., Кравчук Н.П., Малышев В.Л., Ольшевский А.Г., Хомутов Н.В.

ЛИТ Абгарян В., Айрян А.С., Александров Е.И., Александров И.Н., Баландин А.И., Балашов Н.А., Баранов Д.А., Беляков Д.В., Буша Я., Войтишин Н.Н., Воронцов А.С., Гнатич С., Голунов А.О., Григорян О., Зуев М.И., Иванов В.В., Кашунин И.А., Кокорев А.А., Кореньков В.В., Мойбенко А.Н., Мусульманбеков Ж.Ж., Нечаевский А.В, Папоян В.В., Паржицкий С.С., Пелеванюк И.С., Подгайный Д.В., Пряхина Д.И., Семенов Р.Н., Стрельцова О.И., Стриж Т.А., Трофимов В.В., Ужинский В.В., Шматов С.В.

ЛТФ Тонеев В.Д.

ЛНФ Литвиненко Е.И.

3.1.	**Разработка и создание сверхпроводящего соленоида и ярма магнита**	**Мухин К.А.** **Топилин Н.Д.**	Реализация

ЛФВЭ Баратов Р.В., Беляев С.Е. Беляева Е.В., Герасимов С.Е., Лобанов Ю.Ю., Новоселов В.А., Смелянский И.А., Терешин Д.А., Ткачев Г.П.

3.2.	**Создание комплекса детекторов стартовой конфигурации установки MPD**	**Головатюк В.М.** **Кекелидзе В.Д.**	Реализация

ЛФВЭ Бабкин В.А., Базылев С.Н., Ивашкин А.П., Мовчан С.А., Мурин Ю.А., Топилин Н.Д., Тяпкин И.А., Юревич В.И.

3.3.	**Разработка и создание системы сбора данных и системы контроля**	**Базылев С.Н.** **Слепнев И.В.**	Реализация

ЛФВЭ Куклин С.Н., Слепнев В.М., Тарасов Н.А., Терлецкий А.В., Федюнин А.А., Филиппов И.А., Шутов А.Б., Щипунов А.В.

3.4.	**Разработка физической программы MPD**	**Рябов В.Г.** **Колесников В.И.** **Зинченко А.И.**	Реализация
3.5	**Разработка системы обработки и анализа данных MPD**	**Долбилов А.Г.** **Рогачевский О.В.** **Шматов С.В.**	Реализация

ЛФВЭ Мошкин А.А., Слепов И.П.

ЛИТ Абгарян А., Айрян А.С., Александров Е.И., Александров И.Н., Баландин А.И., Балашов Н.А., Баранов Д.А., Беляков Д.В., Буша Я., Войтишин Н.Н., Воронцов А.С., Гнатич С., Голунов А.О., Григорян О., Зуев М.И., Иванов В.В., Кашунин И.А., Кокорев А.А., Кореньков В.В., Мойбенко А.Н., Мусульманбеков Ж.Ж., Нечаевский А.В., Папоян В.В., Паржицкий С.С., Пелеванюк И.С., Подгайный Д.В., Пряхина Д.И., Семенов Р.Н., Стрельцова О.И., Стриж Т.А., Трофимов В.В., Шматов С.В.

Краткая аннотация и научное обоснование (проект MPD):
Эксперимент MPD на коллайдере NICA предназначен для изучения столкновений релятивистских тяжелых ядер в диапазоне энергий = 4-11 ГэВ. Физическая программа эксперимента направлена на изучение структуры фазовой диаграммы состояния сильновзаимодействующей материи в области умеренных температур и больших барионных плотностей, превышающих плотность в обычной ядерной материи в 5-8 раз. При этом большое внимание также уделяется вопросу поиска партонных степеней свободы и критических сигнатур в образующейся системе с использованием различных физических наблюдаемых. Для проведения указанных исследований детекторы установки должны обеспечить эффективную регистрацию и идентификацию разнообразных частиц, рождающихся в соударениях ядер и измерение их параметров при высоких загрузках в широком диапазоне фазового пространства.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Создание и запуск первого этапа установки MPD на пучке.

Конфигурация первого этапа включает: магнит, создающий равномерное поле до 0.57T, трековую систему на базе время-проекционной камеры TPC, времяпролетный детектор FFD-TOF, электромагнитный калориметр ECal и передние адронные калориметры FHCal. Проведение технического сеанса на пучках коллайдера NICA для настройки всех подсистем экспериментальной установки MPD, в благоприятных условиях проведение физического сеанса на пучке для набора событий, соответствующих столкновениям тяжелых ионов в различных конфигурациях (столкновения с фиксированной мишенью и столкновения встречных пучков), с целью изучения свойств барионной материи.

Создание и запуск в эксплуатацию централизованной системы мониторинга, контроля и управления детекторов, магнитов, газовой системы (DCS), а также системы аварийной индикации и реагирования на внештатные ситуации.

Создание системы сборы данных с детекторных подсистем (DAQ).

Создание системы непрерывного мониторинга качества записываемых с детекторов данных (QA), калибровки детекторов и первичной обработки поступающих с экспериментальной установки данных для перехода от формата сырых данных к таблицам восстановленных треков и хитов в детекторных подсистемах, обработки полученных на предыдущем этапе таблиц треков и хитов с целью определения эксплуатационных характеристик детекторов и всей установки, а также получения первых физических результатов.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Внутреннее расписание экспериментальной установки MPD жестко связано с графиком работы и запуска коллайдера.

В 2027 году на коллайдере NICA запланирован сеанс работы с пучками. Ожидается, что светимость коллайдера на начальном этапе будет относительно небольшой, а частота ядерных столкновений порядка 1–10 Гц будет достигнута ближе к концу ускорительного сеанса. Основной объем экспериментальных данных на установке MPD планируется получить при изучении столкновений одного из пучков коллайдера (Xe) с внутренней фиксированной мишенью (W), установленной непосредственно в области детектора.

К 2027 году экспериментальная установка MPD должна быть собрана в базовой конфигурации первой фазы и выставлена в рабочее положение на пучке. В начале года начнется полномасштабный запуск установки, включающий подачу на детекторы рабочих газовых смесей, низкого и высокого напряжений, а также интеграцию и ввод в эксплуатацию систем управления и считывания данных.

Важной задачей станет определение оптимальных параметров и алгоритмов работы триггерной системы эксперимента MPD, построенной на базе детекторов FFD, FHCal и TOF. Это необходимо для эффективного отбора событий, соответствующих столкновениям ядер как на фиксированной мишени, так и в режиме встречных пучков, а также для точного определения координат первичной вершины и стартового времени T0. Разработанные алгоритмы будут реализованы на аппаратном уровне («в железе») с учетом реальных характеристик детекторов, достигнутых уровней шумов электроники и фоновой обстановки в коллайдере.

Для оптимизации рабочих параметров установки, а также для последующей интерпретации первых экспериментальных данных будет проводиться моделирование работы MPD в режимах встречных столкновений Xe+Xe и взаимодействий пучка Xe с W-мишенью с использованием различных генераторов событий.

Эксплуатация детектора на пучке потребует запуска первых коллаборационных смен.

Первые набранные на пучке данные будут использованы для детального изучения характеристик детекторных подсистем, калибровки алгоритмов восстановления сигналов, а также для реконструкции треков заряженных частиц и их ассоциации с откликами во внешних детекторах.

4.	**Создание установки SPD для изучения спиновых эффектов в ядерных взаимодействиях**	**Гуськов А.В.** *Заместитель:* **Ладыгин В.П.**	2020-2029 Проектирование

ЛФВЭ Азорский В.Н., Азорский Н.И., Алексахин В.Ю., Аносов В.А., Астахов В.И., Ахунзянов Р.Р., Байгарашев Д., Балдин А.А., Балдина Э.Г., Баутин В.В., Башарина К.Д., Беляева Е.В., Беспалов Ю.Г., Блеко В.В., Блеко В.В., Богословский Д.Н., Борисов В.В., Бушмина Е.А., Васильева Е.В., Визгалов С.В., Волков И.С., Волков П.В., Волкова К.С., Гаврищук О.П., Галоян А.С., Герасимов С.Е., Голубых С.М., Горбунов Н.В., Губачев Д.А., Гурчин Ю.В., Дунин В.Б., Еник Т.Л., Ершов Ю.В., Жижин И.А., Жуков И.А., Замятин Н.И., Земляничкина Е.В., Зинин А.В., Золотых Д.А., Зубарев Е.В., Иванов А.В., Иванов Н.Я., Исупов А.Ю., Какурин С.И., Камбар Ы., Капитонов И.Ю., Каржавин В.Ю., Кекелидзе Г.Д., Керейбай Д., Клевцова Е.А., Кожин М.А., Кокоулина Е.С., Копылов Ю.А., Корзенев А.Ю., Коровкин Д.С., Костюхов Е.В., Крамаренко В.А., Кузнецов О.М., Кухарев В.А., Ладыгин В.П., Ладыгин Е.А., Ледницки Р., Ливанов А.Н., Лошманова К.В., Лысан В.М., Мадигожин Д.Т., Марков Н.С., Минко О., Михайлов К.В., Мовчан С.А., Мухамеджанов Е., Мухамеджанова А., Мухин К.А., Мыктыбеков Д., Нагорный С.Н., Никифоров Д.Н., Павлов В.В., Перелыгин В.В., Петров М.В., Поляков В.А., Пономарев А.А., Попов В.В., Резников С.Г., Рогачёва Н.С., Ромахов С., Савенков А.А., Сагимбаева Н., Саламатин К.М., Сафонов А.Б., Синельщикова С.Е., Смирнов С.А., Солонбеков М.В., Старикова С.Ю., Стрелецкая Е.А., Суховаров С.И., Тарасов О.Г., Терёхин А.А., Тишевский А.В., Топилин Н.Д., Троян Ю.А., Усенко Е.А., Фомичев Н.А., Хабаров С.В., Харьюзов П.Р., Чемезов Д.Д., Четвериков С.А., Чмиль В.Б., Шалаев В.В., Шереметьева А.И., Шкаровский С.Н., Шунько А.А.

ЛЯП Абазов В.М., Алексеев Г.Д., Аллахвердиева А.Э., Анфимов Н.В., Артиков А.М., Атанов Н.В., Афанасьев Л.Г., Баранов В.Ю., Бойков А.В., Большакова А.Е., Будтуева З.А., Васильев И.И., Васюков А.О., Вертоградов Л.С., Вертоградова Ю.Л., Верхеев А.Ю., Власенко С.В., Гиня Э., Гладилин Л.К., Гонгадзе А., Гридин А.О., Грицай К.И., Гусейнов Н., Гуськов А.В., Давыдов Ю.И., Датта А., Дедович Д.В., Демичев М.А., Денисенко И.И., Джабиев Д.А., Дима М., Дима М.-О., Дима М.-Т., Елецких И.В., Жемчугов А.С., Журавлёв Н.И., Зель В.В., Зимин И.Ю., Карпишков А.В., Ковязина Н.А., Кожукалов В.А., Короткин Р.Н., Кресло И.Е., Кручонок В.Г., Кузнецова К.И., Куликов А.В., Кульчицкий Ю.А., Курбатов В.С., Кутузов С.А., Ленский П.И., Ляшко И.В., Магкаев Р.А., Мальцев А., Ольшевский А.Г., Осетров А.О., Пискун А.А., Прокошин Ф.В., Русов Д.И., Рыбников А.В., Самойлов О.Б., Селюнин А.С., Серюбин С.С., Симоненко А.В., Скачкова А.Н., Соколов С.А., Терещенко В.В., Тропина А.И., Узиков Ю.Н., Федосеев Д.В., Фролов В.Н., Цепилов Г.В., Чалышев В.В., Четвериков А.В., Чохели Д., Чуканов А.В., Шаров В.И., Шипилова А.В., Штехер К.

ЛИТ Александров Е.И., Александров И.Н., Войтишин Н.Н., Гребень Н.В., Двизов Б.П., Дидоренко А.В., Долбилов А.Г., Кирьянов А.К., Кодолова О.Л., Конак А.С., Коршунова П.А., Костенко Б.Ф., Минеев М.А., Монаков Н.Г., Олейник Д.А., Ольшевский В.Г., Омелянчук С.С., Ососков Г.А., Петросян А.Ш., Пряхина Д.И., Ужинский В.В., Хабаев З.К., Шматов С.В.

ЛТФ Жевлаков А.С., Салеев В.А., Теряев О.В.

Краткая аннотация и научное обоснование (проект SPD):

SPD - это планируемая экспериментальная установка на коллайдере NICA, предназначенная для изучения спиновой структуры протона и дейтрона, а также других спин-зависимых явлений с помощью поляризованных пучков протонов и дейтронов при энергии столкновения до 27 ГэВ и светимости до 10^{32} см$^{-2}$ с$^{-1}$. В поляризованных протон-протонных столкновениях эксперимент SPD закроет разрыв в кинематической области между низкоэнергетическими измерениями на ANKE-COSY и SATURNE и высокоэнергетическими измерениями на Релятивистском коллайдере тяжелых ионов (RHIC), а также планируемыми экспериментами с неподвижной мишенью на LHC. Что касается возможности работы NICA с поляризованными пучками дейтронов при таких энергиях, то она уникальна.

Планируется, что SPD будет работать как универсальная установка для всестороннего изучения неполяризованной и поляризованной глюонной структуры нуклона при больших и средних значениях переменной x с использованием различных дополняющих друг друга пробников, таких как: чармонии, открытый чарм и прямые фотоны. Приоритетом является измерение партонных распределений, зависящих от поперечного импульса партонов в нуклоне (TMD PDFs). Изучение спиновых эффектов в упругом рассеянии протонов и дейтронов и в рождении лямбда-гиперонов, поиск дибарионных резонансов, изучение рождения очарованных частиц у порога, изучение мультикварковых корреляций, а также прочая поляризованная и неполяризованная физика будут доступны на первом этапе работы коллайдера с пониженной светимостью и энергией столкновений пучков протонов и ионов. Предлагаемая программа физики охватывает по крайней мере 5 лет работы SPD.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Основным результатом эксперимента должно стать получение новой уникальной информации о таких глюонных распределениях, как спиральность, функции Сиверса, Бура-Малдерса, а также других партонных распределениях, зависимым от поперечного импульса (TMD PDFs) в нуклоне, а также с глюонной функцией поперечности и тензорными партонными распределениями в дейтроне, посредством измерения соответствующих одиночных и двойных спиновых асимметрий. Результаты, ожидаемые от SPD, будут играть важную роль в общем понимании свойств сильного взаимодействия, а именно глюонного содержания нуклона и дополнят текущие и планируемые исследования в RHIC, а также будущие измерения на EIC (BNL) и на установках с неподвижной мишенью на LHC (CERN).

Одновременное измерение одних и тех же величин с использованием различных процессов на одной экспериментальной установке имеет ключевое значение для минимизации возможных систематических эффектов.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Создание элементов подсистем установки SPD для первого этапа эксперимента: центрального трекера на основе Micromegas, трекера на основе Straw-трубок, счётчика пучковых столкновений, мюонной системы, торцевой части электромагнитного калориметра, криогенной системы, сверхпроводящего магнита и его ярма, системы сбора данных, а также компьютерной инфраструктуры.

Создание и развитие инфраструктуры тестирования прототипов подсистем установки на выведенных пучках Нуклотрона.

Активности инфраструктуры:

	Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Теоретические исследования, расчеты и создание моделей для описания свойств ядерного вещества в условиях высоких температур и сжатий, динамики высокоэнергетических ядерных взаимодействий при экстремальных плотностях барионной материи, спиновых и P-четных эффектов**	**Блашке Д.** **Сорин А.С.** **Теряев О.В.**	2024-2027 Реализация
ЛТФ	Брагута В.В., Иванов Ю.Б., Клопот Я.Н., Оганесян А.Г., Парван А., Роенко А.А., Фризен А.		
ЛИТ	Калиновский Ю.Л., Мусульманбеков Ж.Ж., Никонов Э.Г.		
ЛЯП	Лыкасов Г.И.		
ЛФВЭ	Абраамян Х.У., Артеменков Д.А., Воронюк В., Дряблов Д.К., Кекелидзе В.Д., Кожин М.А., Ледницки Р., Малахов А.И., Резников С.Г., Рогачевский О.В., Хворостухин А.С.		
2.	**Компьютерная инфраструктура: on-line и off-line кластеры распределенного компьютерного комплекса, системы моделирования, передачи, обработки и анализа данных, информационные и технологические компьютерные системы**	**Долбилов А.Г.** **Рогачевский О.В.**	2024-2027 Реализация
ЛФВЭ	Мельников Д.Г., Минаев Ю.И., Пешехонов Д.В., Свалов В.Л., Слепов И.П., Слепнев И.В., Федосеев О.С., Шкаровский С.Н., Слепнев И.В.		

ЛИТ Зрелов Р.В., Кашунин И.А., Кекелидзе Д.В., Кореньков В.В., Олейник Д.А., Пелеванюк И.С., Петросян А.Ш., Пляшкевич М.С., Подгайный Д.В., Стриж Т.А., Трофимов В.В.

3.	**Работы по созданию и развитию тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов в ЛЯП**	**Жемчугов А.С.** **Балдин А.А.**	2024-2027 Проектирование Реализация

ЛФВЭ Архипов Е.В., Блеко Вер.В., Блеко Вит.В., Гаврищук О.П., Еник Т.Л., Коровкин Д.С., Павлюк А.В., Петров М.Ю., Мурин Ю.А., Сафонов А.Б., Четвериков С.А., Шабратов В.Г.

ЛЯП Бруква А.Е., Госткин М.И., Демин Д.Л., Кручонок В.Г., Пороховой С.Ю., Самофалова Я.А., Юненко К.Е.

4.	**Сооружение и развитие инфраструктуры для прикладных и инновационных исследований на комплексе NICA**	**Бутенко А.В.** **Сорин А.С.**	2024-2027 Проектирование Реализация
4.1.	**Сооружение каналов для прикладных исследований, станции для облучения электронных компонентов и биологических объектов длиннопробежными ионами и станции для облучения электронных компонентов ионами низких энергий**	**Бутенко А.В.** **Сыресин Е.М.**	Реализация
4.2.	**НИОКР по развитию и эксплуатации облучательных станций для прикладных исследований на комплексе NICA; организация международной коллаборации**	**Белов О.В.** **Сыресин Е.М.**	Проектирование Реализация

ЛФВЭ Балдин А.А., Клевцова Е.А., Рогачев А.В., Шаляпин В.Н., 3 чел.

ЛЯП Белокопытова К.В.

ЛНФ Булавин М.В.

5.	**Сооружение комплекса зданий с инженерной инфраструктурой для размещения объектов, инженерных систем и проведения НИОКР для комплекса NICA**	**Агапов Н.Н.** **Кекелидзе В.Д.** **Топилин Н.Д.** **Трубников А.В.**	2024-2027 Проектирование Реализация
5.1.	**Техническое проектирование, координация сооружения комплекса зданий и развития инженерной инфраструктуры**	**Мешков И.Н.** **Дударев А.В.** **Трубников А.В.** **Костромин С.А.**	Проектирование Реализация
5.2.	**НИРиОКР, создание прототипов и полномасштабных сверхпроводящих магнитов для бустера и коллайдера NICA, обновленного Нуклотрона**	**Никифоров Д.Н.**	Проектирование Реализация

ЛФВЭ Аверичев А.С., Агапова В.В., Базанов А.М., Базылева Н.П., Борисов В.В., Борцова А.А., Бычков А.В., Галимов А.Р., Голубицкий О.М., Гусаков Ю.В., Долгий С.А., Донягин А.М., Дробин В.М., Колесников С.Ю., Константинов А.В., Королев В.С., Кудашкин А.В., Кузнецов Г.Л., Куликов Е.А., Кунченко О.А., Липченко В.И., Лобанов Д.В., Макаров А.А., Меркурьев А.Ю., Митрофанова Ю.А., Нестеров А.В., Новиков М.С., Осипенков А.Л., Пивин Р. В., Понкин Д.О., Прахова Т.Ф., Сергеева Е.В., Смирнов С.А., Туманова Ю.А., Филиппов Н.А., Филиппова Е.Ю., Шандов М.М., Шемчук А.В.

ЛИТ Акишин П.Г.

5.3. Работы по совершенствованию и развитию энергетических и общетехнологических сетей с целью повышения их экономичности и эффективности

Агапов Н.Н.
Семин Н.В.

Проектирование
Реализация

ЛФВЭ Алфеев А.В., Каретник А.М., Макаров А.А., Мигулин М.И., Новиков М.С., Серочкин Е.В., Сотников А.Н., Степанов В.М., Тимошенко О.М., Топилин Н.Д., Черняев В.П., Шилов В.Ю., Фишер Э.

ОКС Баландин Ю.Н., Тихомиров Л.И., Фролов И.С.

СГИ Бучнев В.Н., Ширков С.Г., 2 чел.

ЛРБ Бескровная Л.Г., Гордеев И.С., Чижов К.А.

Сотрудничество по теме 1065

Страна или МО	**Город, регион**	**Институт**
Азербайджан	Баку, BA	НЦЯИ
Армения	Ереван, ER	ННЛА
Беларусь	Минск, MI	БГУ
		ИФ НАНБ
		ИЭ НАНБ
		НИИ ЯП БГУ
		ОИЭЯИ-Сосны
		ФТИ НАНБ
Болгария	Пловдив, PLD	MUP
		PU
	София, SOF	IMech BAS
Германия	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz
	Юлих, NRW	FZJ Helmholtz
Грузия	Тбилиси, TB	GTU
Египет	Гиза, GZ	ECTP MTI NU
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
		ФТИ КазНИТУ
Китай	Ичан, HB	CTGU
	Ланьчжоу, GS	IMP CAS
	Пекин, BJ	CIAE
		IHEP CAS
		Tsinghua
		UCAS
	Ухань, HB	CCNU
	Хучжоу, ZJ	HUTC
	Хэнъян, HN	USC
	Хэфэй, AH	ASIPP CAS
		USTC
	Цзинань, SD	SDU
	Циндао, SD	SDU

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Шанхай, SH	Fudan
Куба	Гавана, HAV	InSTEC
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM
	Пуэбла, PUE	BUAP
Молдова	Кишинев, CU	ИПФ
Монголия	Улан-Батор, ULN	IPT MAS
Россия	Белгород, BEL	БелГУ
	Владикавказ, SE	СОГУ
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Жуковский, MOS	Технология
	Казань, TA	Компрессормаш
		Спецмаш
	Москва, MOW	ВШЭ
		ВЭИ ВНИИТФ
		Гелиймаш
		ИМБП РАН
		ИТЭФ
		Криогенмаш
		МГУ
		МИРЭА
		МИСИС
		МИФИ
		НИИЯФ МГУ
		НИЦ КИ
		РЭУ
		ФИАН
	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН
		НТЛ "Заряд"
	Новочеркасск, ROS	ЮРГПУ НПИ
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Самара, SAM	СНИУ
	Санкт-Петербург, SPE	СПбГУ
		СПбПУ
	Сыктывкар, KO	ОМ Коми НЦ
	Томск, TOM	ТГУ
		ТПУ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
	Фрязино, MOS	Исток
Сербия	Белград, BG	VINCA
Словакия	Кошице, KI	UPJS
	Нова Дубница, TC	EVPU

Страна или МО	Город, регион	Институт
США	Беркли, CA	Berkeley Lab
Узбекистан	Ташкент, TK	Физика-Солнце
Чили	Вальпараисо, VS	USM
ЮАР	Кейптаун, WC	iThemba LABS
	Стелленбос, WC	SU
Япония	Токио, TYO	Nihon Univ.

02-2-1148-2010/2028

Baikal-GVD
Байкальский глубоководный нейтринный телескоп гигатонного масштаба

Руководитель: Белолаптиков И.А.

Заместитель: Розов С.В.

Участвующие страны и международные организации:
Казахстан, Россия, Сербия, Словакия, Чехия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Реализация проекта, включающего модернизацию и развитие байкальского глубоководного детектора до объема регистрации 1 км^3 в исследованиях потоков нейтрино высоких энергий астрофизического происхождения.

Проект инфраструктуры:

	Наименование проекта	**Руководитель проекта**	**Шифр проекта**
Лаборатория	Ответственные от Лаборатории		**Статус**
1.	**Baikal-GVD**	**Белолаптиков И.А.** *Заместитель:* **Розов С.В.**	02-2-1148-1-2010/2028 Реализация

ЛЯП Аллахвердян В.А., Антонов П.И., Борина И.В., Ван Ц., Вольных В.И., Голубев А.В., Голубков К.В., Горшков Н.В., Дик В., Дорошенко А.А., Доценко И.С., Елжов Т.В., Емельянов А.Н., Завьялов С.И., Заикин А.А., Звездов Д.Ю., Зубченко Д.В., Калинова Б.Е., Камнев И.И., Катулин С.А., Катулина С.Л., Колбин М.М., Конищев К.В., Коробченко А.В., Круглов М.В., Кулькова Е.Ю., Ледницка Т., Минаев М.А., Морозова Т.А., Наумов Д.В., Нгуен Х.З.Т., Орлов Д.А., Петухов Д.П., Плисковский Е.Н., Сафронов Г.Б., Сиренко А.Э., Сороковиков М.Н., Сосунов Н.И., Степкин И.А., Стромаков А.П., Ульзутуев Б.Б., Храмов Е.В., Чернов А.В., Черных Д.О., Чжоу А., Шайбонов Б.А., Шевченко К.И., Шевченко М.Ю., Шешуков А.С., Щербакова И.С., Яблокова Ю.В., Якушев Е.А.

ЛИТ Катулин М.С., Соловьев А.Г.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект Baikal-GVD — продолжение создания гигатонного нейтринного телескопа для исследований в области многоканальной астрономии, изучения фундаментальных свойств самых энергичных космических нейтрино, косвенного поиска галактической темной материи и прикладных исследований. Международная коллаборация Baikal-GVD строит нейтринный телескоп на озере Байкал. Массивы светочувствительных элементов — оптических модулей — регистрируют излучение Вавилова–Черенкова, создаваемое заряженными частицами в воде озера при движении со скоростями, превышающими скорость света в воде. Такие частицы могут возникать в результате взаимодействия нейтрино в воде или в горной породе дна озера. Энергия и направление исходных нейтрино реконструируются по количеству фотонов Вавилова–Черенкова и времени их регистрации в отдельных светочувствительных элементах. Телескоп имеет возможность изучать космические нейтрино и определять их источники, осуществлять поиск нейтрино от аннигиляции частиц темной материи и других редких явлений. Научная программа проекта ориентирована на исследование фундаментальных проблем астрофизики и физики элементарных частиц: идентификацию астрофизических источников нейтрино сверхвысоких энергий, изучение механизмов формирования и эволюции галактик и др. В частности — как ближайшая задача — картирование неба высокоэнергетических нейтрино в Южном полушарии, включая область Галактического центра. Другие темы охватывают косвенный поиск темной материи путем обнаружения нейтрино, образующихся при аннигиляции слабовзаимодействующих массивных частиц — вимпов (WIMPs) — на Солнце или в центре Земли. Baikal-GVD также будет искать экзотические частицы, такие как магнитные монополи, суперсимметричные Q-болы или нуклеариты. Уникальный нейтринный телескоп Baikal-GVD является одной из основных базовых установок ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Создание глубоководного нейтринного телескопа масштаба 1 км^3 на озере Байкал. Исследование потоков нейтрино высоких энергий из космоса, поиск гипотетических частиц — магнитных монополей, а также частиц-кандидатов на

роль темной материи. Большой объем детектирования в комбинации с высоким угловым и энергетическим разрешением и умеренные фоновые условия, характерные для пресной воды, позволяют вести эффективные исследования диффузного потока нейтрино и потоков от индивидуальных астрофизических объектов с постоянным и переменным свечением.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Набор статистики на установленных 16 кластерах нейтринного телескопа Baikal-GVD. Поиск и изучение событий от нейтрино высоких энергий астрофизической природы. Подготовка и постановка следующих кластеров детектора. Разработка и тестирование новой системы сбора и передачи данных, обеспечивающей снижение порога регистрируемых энергий. Разработка новых технологий развертывания элементов детектора.

Сотрудничество по теме 1148

Страна или МО	Город, регион	Институт
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
Россия	Белгород, BEL	БелГУ
	Иркутск, IRK	ИГУ
	Москва, MOW	МИФИ
		НИИЯФ МГУ
		ФИАН
	Нальчик, KB	КБГУ
	Нижний Новгород	НГТУ
	Санкт-Петербург, SPE	ИТМО
		СПбГМТУ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
Сербия	Белград, BG	АОВ
Словакия	Братислава, BL	CU
Чехия	Прага, PR	CTU

06-6-1118-2014/2030

МИВК
Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс

Руководители: Кореньков В.В.
Шматов С.В.

Заместители: Долбилов А.Г.
Подгайный Д.В.
Стриж Т.А.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Грузия, Египет, Казахстан, Китай, Мексика, Монголия, Россия, Узбекистан, Франция, ЦЕРН, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Главной целью МИВК является максимально возможное удовлетворение потребностей научного сообщества ОИЯИ для решения актуальных задач – от теоретических исследований и обработки, хранения и анализа экспериментальных данных до решения прикладных задач в области наук о жизни. Приоритетными будут являться задачи проекта NICA, нейтринной программы, задачи обработки данных экспериментов на LHC и других масштабных экспериментов, а также поддержка пользователей Лабораторий ОИЯИ и стран-участниц.

В рамках Темы предусмотрено включение активности, которая, как и проект, нацелена на удовлетворение требований большого числа научно-исследовательского и административного персонала:
- развитие цифровой платформы «Цифровая экосистема ОИЯИ», интегрирующей существующие и перспективные сервисы поддержки научной, административной и социальной деятельности, а также сопровождения инженерной и IT-инфраструктур Института, что в свою очередь обеспечит надежный и безопасный доступ к данным различного типа и даст возможность всестороннего анализа информации с применением современных технологий Больших данных и искусственного интеллекта.

Проект инфраструктуры:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1. МИВК Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс	**Кореньков В.В.** **Шматов С.В.** *Заместители:* **Долбилов А.Г.** **Подгайный Д.В.** **Стриж Т.А.**	06-6-1118-1-2014/2030 Реализация

ЛИТ Ангелов К.Н., Аникина А.И., Анисёнков А.В., Антонова О.А., Баландин А.И., Балашов Н.А., Баранов А.В., Беляков Д.В., Бежанян Т.Ж., Белый А.А., Ведров С.И., Власова О.А., Войтишин Н.Н., Воронцов А.С., Гаврилов С.В., Гавриш А.П., Голоскокова Т.М., Голунов А.О., Голунов А.О., Городничева Л.И., Графов Е.А., Графова Е.Н., Громова Н.И., Гущин А.Э., Дергунов В.П., Дереновская О.Ю., Дзахоев А.Т., Евланов А.В., Жабкова С.Е., Закомолдин А.Ю., Зрелов П.В., Зуев М.И., Иванцова О.В., Ильина А.В., Калагин И.И., Каменский А.С., Карпенко Н.Н., Катулин М.С., Кашунин И.А., Киракосян М.Х., Кирьянов А.К., Клочьев А.Е., Кокорев А.А., Комков А.В., Коробова Г.А., Кретова С.А., Кудасова И.В., Кудряшова О.Н., Кузнецов Е.А., Кулаков В.И., Кульпин Е.Ю., Кутовский Н.А., Лаврентьев А.А., Лебедева С.Г., Легащёв Ю.М., Любимова М.А., Мажитова Е., Максимов М.А., Марков В.Н., Марченко С.В., Матвеев М.А., Махалкин А.Н., Медянцев А.А., Митюхин А.Н., Мищенко Н.Н., Мойбенко А.Н., Мойбенко Н.А., Некрасова И.К., Некрасов В.Н., Овечкин В.В., Олейник Д.А., Паржицкий С.С., Пелеванюк И.С., Петросян А.Ш., Полежаев Д.С., Попов Л.А., Пряхина Д.И., Рогозин Д.В., Рожкова Т.В., Розенберг Я.И., Селянина В.М., Семенов Р.Н., Смольникова А.С., Соколов И.А., Соловьева Е.В., Сорокин И.Г., Стамат И.Н., Степанов Б.Б., Стрельцова О.И., Суржко В.С., Торосян Ш.Г., Трофимов В.В., Трубчанинов Н.В., Усачев В.Ю., Фарисеев В.Я., Фетисов М.Ю., Филиппов С.С., Цамцуров Е.О., Чащин С.В., Чурин А.И., Швалев А.М., Шейко В.П., Шпотя Д.А.

ЛФВЭ Герценбергер К.В., Минаев Ю.И., Мошкин А.Н., Рогачевский О.В., Слепнев И.В., Слепов И.П.

ЛНФ	Сухомлинов Г.А.
ЛРБ	Чаусов В.Н.
ЛЯР	Багинян А.С., Поляков А.Г., Сорокоумов В.В.
ЛЯП	Жемчугов А.С., Иванов Ю.П., Капитонов В.А.
ЛТФ	Сазонов А.А.
УНЦ	Семенюшкин И.Н.
Ассоциированный персонал	Богданов А.В., Дегтярев А.Б., Киямов Ж.У., Корхов В.В., Мареев В.В., Уганбаатар Д., Щеголева Н.Л.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Для достижения главных целей ведущих проектов ОИЯИ потребуется обрабатывать огромное количество экспериментальных данных. Согласно весьма грубой оценке, это десятки тысяч процессорных ядер и сотни петабайт экспериментальных данных. Грид-инфраструктуры уровней Tier0, Tier1 и Tier2 необходимы для экспериментов проекта NICA и нейтринной программы ОИЯИ (Baikal-GVD, JUNO и т.д.). Выполнение этих целей требует развития распределенных многоуровневых гетерогенных вычислительных сред, в том числе и на ресурсах участников других проектов и коллабораций.

Концепция развития информационных технологий, научных вычислений и Data Science в Семилетнем плане ОИЯИ предусматривает создание научной ИТ-инфраструктуры, объединяющей множество различных технологических решений, тенденций и методик. ИТ-инфраструктура предполагает согласованное развитие взаимосвязанных ИТ-технологий и вычислительных методов, направленных на максимальное увеличение числа решаемых стратегических задач ОИЯИ, требующих интенсивных вычислений с данными. Особое место в этой концепции занимает крупный инфраструктурный проект «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс».

Основной задачей МИВК на 2024-2030 гг. является выполнение работ, направленных на модернизацию и развитие основных аппаратно-программных компонент вычислительного комплекса, создание современной программной платформы, позволяющей решать широкий спектр научно-исследовательских и прикладных задач в соответствии с Семилетним планом ОИЯИ. Быстрое развитие информационных технологий и новые требования пользователей стимулируют развитие всех компонент и платформ МИВК. Вычислительная инфраструктура МИВК включает четыре современные программно-аппаратные компоненты: грид-сайты Tier1 и Tier2, гиперконвергентный суперкомпьютер «Говорун», облачную инфраструктуру и распределенную многоуровневую систему хранения данных. Этот набор компонент обеспечивает уникальность МИВК на мировом ландшафте и позволяет научному сообществу ОИЯИ и стран-участниц использовать все современные вычислительные технологии в рамках одного вычислительного комплекса, обеспечивающего многофункциональность, масштабируемость, высокую производительность, надежность и доступность в режиме 24x7x365 с разноуровневой системой хранения данных для различных групп пользователей.

В рамках МИВК предусмотрена как поддержка функционирования всех программно-аппаратных компонент МИВК – грид-сайтов уровня Tier1 и Tier2, облачной инфраструктуры, гиперконвергентного суперкомпьютера «Говорун», многоуровневой системы хранения данных, сетевой инфраструктуры, систем энергоснабжения и климат контроля, так и модернизация/реконструкция перечисленных выше компонент в соответствии с новыми тенденциями развития ИТ-технологий и требованиями пользователей. Необходимо также обеспечить высокоскоростные телекоммуникации, современную локальную сетевую инфраструктуру и надежную инженерную инфраструктуру, обеспечивающую гарантированное энергообеспечение и кондиционирование серверного оборудования.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Модернизация инженерной инфраструктуры МИВК ОИЯИ (реконструкция в соответствии с современными требованиями машинного зала 4-ого этажа ЛИТ).

Модернизация и развитие распределенной вычислительной платформы для проекта NICA с привлечением вычислительных центров коллаборации NICA.

Создание грид-кластера Tier0 для экспериментов мегапроекта NICA для хранения экспериментальных и смоделированных данных. Расширение производительности и емкости систем хранения грид-кластеров Tier1 и Tier2 в качестве центров обработки данных для экспериментов мегапроекта NICA, нейтринной программы ОИЯИ и экспериментов на LHC.

Расширение облачной инфраструктуры ОИЯИ с целью увеличения предоставляемого пользователям спектра сервисов на основе технологий контейнеризации. Автоматизация развертывания облачных технологий в организациях стран-участниц ОИЯИ.

Расширение гетерогенной платформы HybriLIT, включая суперкомпьютер «Говорун», как гиперконвергентной программно-определяемой среды с иерархической системой хранения и обработки данных.

Проектирование и разработка распределенной программно-конфигурируемой высокопроизводительной вычислительной платформы, объединяющей суперкомпьютерные (гетерогенные), грид- и облачные технологии для эффективного использования новых вычислительных архитектур.

Разработка системы защиты компьютерной инфраструктуры на основе принципиально новых парадигм, включая квантовую криптографию, нейрокогнитивные принципы организации данных и взаимодействия объектов данных, глобальную интеграцию информационных систем, универсальный доступ к приложениям, новые интернет-протоколы, виртуализацию, социальные сети, данные мобильных устройств и геолокации.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Сопровождение и улучшение качества и надежности внешних каналов связи ОИЯИ (4x100 Гбит/сек); локальной опорной сети ОИЯИ (2x100 Гбит/сек); сети передачи данных для мегапроекта NICA (4x100 Гбит/сек); лабораторной сети ЛИТ (1x100 Гбит/сек); беспроводной сети Wi-Fi на территориях Института. Продолжение работ по организации вычислительной связи с Китайскими центрами и другими организациями, участвующими в JUNO, NICA и других проектах ОИЯИ.

Обеспечение технических (DNS, DHCP, и т.д.) и стандартных (электронной почты, файлового обмена, безопасности) сетевых сервисов. Сопровождение, поддержка и развитие системы авторизации, баз данных пользователей, сетевых элементов и т.д.

Модернизация, сопровождение и эксплуатация машинных залов 2-ого и 4-ого этажей.

Организация круглосуточной (24/7) и отказоустойчивой работы инженерных систем МИВК, включающих системы гарантированного энергоснабжения (распределительные щиты, источники бесперебойного питания, дизельные генераторы), климатического контроля (чиллеры, сухие и мокрые градирни, межрядные кондиционеры) и системы противопожарной безопасности помещений ЛИТ. Проведение комплексного сервисного обслуживания и регулярной оптимизации инженерного оборудования для обеспечения высокой эффективности вычислительных ресурсов. Обновление системы распределения электропитания для Модуля 0 и создание Модуля 5 для грид-сайта уровня Tier1. Проведение комплекса работ по установке и вводу в эксплуатацию дополнительных источников бесперебойного питания. Установка новых модулей для вычислительной техники на 2-ом и 4-ом этажах вычислительных залов ЛИТ.

Дальнейшее развитие вычислительной инфраструктуры и системы хранения базовых компонент МИВК - Tier1 центра, Tier2/ЦИВК и озера данных на базе системы EOS, включая выделенные системы EOS для MPD, SPD и BM@N. Обеспечение работы виртуальных организаций WLCG, экспериментов NICA и т.д., поддержка локальных групп пользователей на ресурсах Tier1 и Tier2/ЦИВК МИВК. Реализация центрального сервиса баз данных для экспериментов на NICA и нейтринной программы. Поддержка центра сертификации JINR GRID CA. Подготовка кода Enstore к работе в OS Alma Linux 10. Генерация дистрибутивов сервисов и клиентов, ревизия документации. Имплементация и тестирование Recommended Access Order (RAO). Организация backups баз данных пользователей. Анализ возможности использования ленточного хранилища под управлением CTA и Enstore для организации хранения данных экспериментов на NICA.

Развитие распределённой информационно-вычислительной среды (РИВС) организаций стран-участниц ОИЯИ, совершенствование механизмов управления инфраструктурой РИВС.

Расширение вычислительной инфраструктуры нейтринной платформы для обеспечения потребностей научных проектов и коллабораций, в том числе Baikal-GVD, JUNO, NOvA, TAIGA и др.

Модернизация облачной инфраструктуры ОИЯИ, совершенствование средств мониторинга и управления, расширение спектра предоставляемых сервисов, включая Kubernetes-as-a-Service.

Разработка программных средств анализа систем хранения данных и методики тестирования производительности гетерогенных вычислительных ресурсов, находящихся под управлением DIRAC.

Исследование и внедрение технологий автоматизации и оркестрации системного и кластерного программного обеспечения гетерогенной платформы HybriLIT и суперкомпьютера «Говорун». Выполнение работ по интеграции сегмента сети InfiniBand в высокоскоростную вычислительную сеть (интерконнект) суперкомпьютера «Говорун».

Развитие системы сбора, визуализации и анализа статистики использования вычислительных ресурсов и программного обеспечения пользователями гетерогенной платформы HybriLIT и суперкомпьютера «Говорун», развернутой на базе BI Yandex DataLens.

Модернизация экосистемы ML/DL/HPC и развитие программных сервисов, предоставляющих возможности для обработки данных с помощью методов машинного и глубокого обучения для научно-прикладных задач в области спинтроники, радиобиологических исследований и др. Использование ресурсов экосистемы ML/DL/HPC для развития методов квантового и гибридного квантово-классического машинного обучения, разработки подходов к увеличению эффективности распараллеливания задач на гибридных кластерах на основе алгоритмов квантовых вычислений, разработки квантово-подобных аналогов методов анализа данных.

Развитие средств и методов мониторинга инженерной и вычислительной инфраструктуры МИВК. Разработка и модернизация мониторинга инженерной инфраструктуры систем электроснабжения и климат контроля МИВК. Развитие системы мониторинга LITmon: включение нового оборудования в систему мониторинга инженерной и вычислительной инфраструктуры МИВК; добавление новых узлов для эксперимента SPD; перевод системы мониторинга под управление системой синхронизации конфигурации puppet + foreman; разработка системы автоматической генерации конфигурации системы мониторинга LITmon; внедрение поддержки DCIM.

Активность инфраструктуры:

Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1. Цифровая экосистема ОИЯИ	**Кореньков В.В.** **Белов С.Д.**	2024-2029 Реализация

ЛИТ Артамонов А.А., Балашов Н.А., Беляева Е.Н., Белякова Н.Е., Белякова О.В., Бондяков А.С., Гавриленко Ю.Е., Давыдова Н.А., Заикина Т.Н., Зрелова Д.П., Зрелов П.В., Ильина А.В., Калмыкова Л.А., Катулин М.С., Кондратьев А.О., Кузнецова Е.С., Кузьмина Е.К., Куняев С.В., Кучугурная Л.Д., Неаполитанский Д.В., Некрасова И.К., Нечаевский А.В., Пашкова М.М., Попкова Л.В., Попова Я.И., Потапова Л.А., Приходько А.В., Сапожникова Т.Ф., Семашко В.С., Семашко С.В., Семенов Р.Н., Соколов И.А., Сурнин А.С., Сыресина Т.С., Тарабрин В.А., Трофимов Ю.В., Усов Д.Ю., Филозова И.А., Хвостова М.О., Шейко Е.В., Шестакова Г.В.

ЛФВЭ Морозов В.В., Слепнев И.В., Трубников А.В.

ЛЯП Коваленко Р.С.

Бухгалтерия Васильев М.П., Шейко А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Активность направлена на развитие общеинститутской цифровой платформы «Цифровая экосистема ОИЯИ». Основной целью является организация цифрового пространства с единым доступом и обменом данными между электронными системами, а также цифровизация значимых научных, технических и социальных процессов. На базе развиваемого в рамках активности цифрового пространства планируется создание интеллектуальной цифровой среды Института, объединяющей данные, сервисы, базы знаний, научную, организационную и техническую информацию. В рамках этой деятельности будет выполняться переход от отдельных цифровых сервисов к цифровым помощникам, к элементам цифровых двойников процессов, сервисов и инфраструктуры.

В рамках активности предполагается два основных направления работ: развитие базовой инфраструктуры цифровой платформы (в том числе для использования технологий искусственного интеллекта), а также создание и развитие цифровых сервисов и интеллектуальных помощников. Будут развиваться и поддерживаться цифровые сервисы как для сотрудников ОИЯИ, так и для научных коллабораций, чья деятельность связана с базовыми установками Института.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Развитие программно-аппаратной и технологической основы для функционирования общеинститутской цифровой платформы, сервисов и интеллектуальных помощников.
Развитие ИИ-помощников для научной деятельности: поиска и анализа научно-технической информации, поддержки исследовательских сценариев, работы с данными и ускорения отдельных этапов исследований.

Создание специализированных баз знаний для поддержки деятельности коллабораций, исследовательской работы эксплуатации инженерной инфраструктуры.

Модернизация институционального репозитория публикаций ОИЯИ и разработка на его основе когнитивной платформы для поддержки коллективной научной деятельности.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Работы по поддержке и развитию репозитория научных публикаций. Прототипирование активного репозитория - пилотное внедрение компонента смыслового анализа публикаций на основе коллекции публикаций, аффилированных с ОИЯИ.

Развитие методики интеллектуального анализа научно-технической информации на основе методов обработки естественного языка и современных технологий искусственного интеллекта, создание прототипа программного комплекса для извлечения, структурирования и семантического анализа знаний из разнородных источников данных.

Текущая поддержка и развитие СЭД «Дубна», модернизация ядра системы. Интеграция отдельных функций СЭД «Дубна» в оболочку ЦЭС. Текущая поддержка и развитие систем "PIN", "Авансовые отчёты", "ИСНА", "CernDB", NICA EVM. Интеграция ЦЭС и 1С. Предоставление данных по закупкам для системы документооборота VESNA.Астер.

Внедрение обновленного сервиса авансовых отчётов за командировки с возможностью загрузки электронных оригиналов и копий документов, оптимизация процессов рассмотрения заявок.

Развитие цифровых сервисов для совместной работы (база научной документации, управление проектами, защищённый сервис обмена файлами и совместной работы над документами различных типов и т. п.).

Создание в ЦЭС личного кабинета сотрудника ОИЯИ, позволяющего управлять профилем сотрудника, доступными ему информационными и вычислительными ресурсами и сервисами.

Развитие системы поддержки пользователей и системы электронных заявок для различных сервисов ЦЭС, подготовка баз знаний и документации для пользователей.

Развертывание, настройка и сервис доступа к автономным специализированным моделям генеративного ИИ и инструментам взаимодействия с ними.

Создание платформы и развитие интеллектуальных цифровых помощников для различных областей деятельности подразделений института и научных коллабораций (работа с технической информацией экспериментов, сервисами ЦЭС, базой приказов по Институту, кадровой аналитикой, геоинформационной системой).

Сотрудничество по теме 1118

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	АДА
		ИФ
Армения	Ереван, ER	ИПИА НАН РА
		РАУ
Беларусь	Минск, MI	ИФ НАНБ
		НИИ ЯП БГУ
		ОИПИ НАНБ
		ОИЭЯИ-Сосны
Болгария	София, SOF	INRNE BAS
		SU
Грузия	Тбилиси, TB	GRENA
		GTU
		UG
Египет	Каир, C	ASRT
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
	Астана, AST	АУИТ
		АФ ИЯФ
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM
Монголия	Улан-Батор, ULN	IMDT MAS
Россия	Владивосток, PRI	ИАПУ ДВО РАН

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Владикавказ, SE	СОГУ
	Воронеж, VOR	ВГУ
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"
		ОЭЗ "Дубна"
		ЦКС "Дубна"
	Москва, MOW	ВШЭ
		ГПКС
		ИПМ РАН
		ИППИ РАН
		ИСП РАН
		МГТУ
		МГУ
		МИСИС
		МИФИ
		МЭИ
		НИИЯФ МГУ
		НИЦ КИ
		РУДН
		РЭУ
		ФИЦ ИУ РАН
	Новосибирск, NVS	ИВМиМГ СО РАН
		ИЯФ СО РАН
		ЦКП "СКИФ"
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Пущино, MOS	ИМПБ РАН
	Самара, SAM	СНИУ
	Санкт-Петербург, SPE	ИТМО
		НИИФ СПбГУ
		СПбГУ
		СПбПУ
	Таганрог, ROS	НИИ МВС ЮФУ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
	Челябинск, CHE	ЮУрГУ
	Черноголовка, MOS	СКЦ ИПХФ РАН
Узбекистан	Ташкент, TK	АН РУз
		ИЯФ АН РУз
Франция	Марсель, PAC	CPPM
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН
ЮАР	Кейптаун, WC	iThemba LABS
		UCT

03-5-1129-2017/2028

DRIBs-III
Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР

Руководители: Калагин И.В.
Сидорчук С.И.

Заместитель: Семин В.А.
Научный руководитель: Оганесян Ю.Ц.

Участвующие страны и международные организации:
Вьетнам, Индия, Казахстан, Китай, Мексика, Россия, Сербия, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Реализация DRIBs-III, включающего модернизацию и развитие циклотронного комплекса ЛЯР, расширение экспериментальной базы Лаборатории (создание новых физических установок), развитие систем ускорителей. Проект направлен на повышение стабильности работы ускорителей, увеличение интенсивности и улучшение качества пучков ионов как стабильных, так и радиоактивных нуклидов при одновременном снижении энергопотребления. Целью проекта является существенное повышение эффективности проведения экспериментов по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов.

Помимо этого, планируется завершение создания ускорительного комплекса ДЦ-140 для прикладных исследований и проведение пуско-наладочных работ. Работы проводятся в рамках проекта «Проект создания Инновационного исследовательского центра ОИЯИ» и являются частью раздела/проекта «Исследовательский комплекс ЛЯР для работы в области материаловедения».

Еще одним важным направлением деятельности является поддержка физических экспериментов и развитие существующих ускорителей и экспериментальных установок.

Проекты инфраструктуры:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. Создание ускорительного комплекса У-400Р	Калагин И.В. Карпов А.В. *Заместитель:* Семин В.А.	03-5-1129-1-2024/2028
2. Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов	Сидорчук С.И. *Заместитель:* Родин А.М.	03-5-1129-2-2024/2028

Проекты:

Наименование проекта Лаборатория	Руководители проекта Ответственные от лаборатории	Сроки реализации Статус
1. Создание ускорительного комплекса У-400Р	**Калагин И.В.** **Карпов А.В.** *Заместитель:* **Семин В.А.**	2024-2028 Изготовление

ЛЯР Басс В., Барбашев М.Б. Батчулуун Э., Богачев А.А, Болатказыев Е.А., Быков А.Н. Ваганов Р.Е., Веревочкин В.А., Воробьев И.В., Воронцов А.Н., Гикал К.Б., Данилкин В.Д., Девараджа Х.М., Дей А., Забанов А.С., Загребаева С.И., Зинченко С.Ю. Иваненко И.А. Иванов Г.Н., Исатов А.Т., Иткис Ю.М., Кабытаева Р.К., Казаринов Н.Ю., Кленов Е.А., Княжева Г.Н., Козулин Э.М., Козулина Н.И., Кононенко Г.А., Куликов А.В., Кульков К.А., Лисов В.И., Макаров М.И., Малышев О.Н., Новиков К.В., Осипов Н.Ф., Пащенко С.В., Попов Ю.А., Попеко А.Г., Пчелинцев И.В., Пчелкин Н.Н., Пугачев Д.К., Савельева Е.О., Сатьян С., Свирихин А.И., Середа Ю.М., Сидоров А.А., Соловьев Д. И., Суслов А.А., Тихомиров А.В., Тихомиров Р.С., Франко Й., Чернышев О.А.

ЛФВЭ Маркелов А.Ф., Петухов А.С., Фатеев А.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Цель работ – создание ускорительного комплекса У-400Р для подробного изучения механизмов ядерных реакций с пучками стабильных тяжелых ионов (процессы слияния-деления, квазиделения, многонуклонных передач и др.), синтеза в этих реакциях новых нуклидов, а также спектроскопии распада исследуемых ядер.

Проект включает в себя такие задачи, как строительство нового Экспериментального зала, модернизация циклотрона У-400 (У-400Р после модернизации), а также создание новых сепараторов и систем ионопроводов для транспортировки пучков.

На ускорительном комплексе будут детально исследоваться свойства изотопов тяжелых и сверхтяжелых элементов, а также осуществляться поиск новых методов синтеза тяжелых нуклидов. Данные исследования не предполагают использование радиоактивного мишенного материала в количестве, превышающем 10^5Бк.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Модернизация циклотрона У-400 → У-400.

Строительство нового экспериментального зала циклотрона У-400Р.

Создание новых экспериментальных установок и каналов транспортировки пучков ионов от У-400Р.

Ввод в эксплуатацию ускорительного комплекса ДЦ-140 для комплексных прикладных исследований.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Выполнение программы физических экспериментов на циклотроне У-400.

Окончание строительства экспериментального зала циклотрона У-400Р.

Проектирование отдельных узлов и подготовка к вводу в эксплуатацию кинематического сепаратора продуктов реакций многонуклонных передач STAR.

Разработка проекта установки для исследования механизмов ядерных реакций SCIF-D.

Развитие методов диагностики пучков стабильных и радиоактивных нуклидов.

2. Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов

Сидорчук С.И.
Заместитель:
Родин А.М.

2024-2028

Изготовление

ЛЯР Аксенов Н.В., Астахов А.А., Болатказыев Е.А., Божиков Г.А., Веденеев В.Ю., Воинов А.А., Гольцман А.И., Гуляев А.В., Гуляева А.В., Ибадуллаев Д., Кабытаева Р.К., Коврижных Н.Д., Комаров А.Б., Кузнецов Д.А., Кулик В.Д., Муравьев И.В., Новоселов А.С., Петрушкин О.В., Подшибякин А.В., Поляков А.Н., Саламатин В.С., Сизов Д.А., Соловьев Д.И., Чернышева Е.В., Чупраков И., Шубин В.Д., Шумейко М.В., Юхимчук С.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В настоящее время ускорение высокоинтенсивных пучков на циклотроне ДЦ-280 (Фабрика СТЭ) дает достаточно большую статистику в экспериментах по синтезу сверхтяжелых ядер в окрестности так называемого острова стабильности (Z=114, N=184), что открывает новые экспериментальные горизонты в этих исследованиях. Среди новых возможностей, предоставляемых Фабрикой СТЭ, в первую очередь следует отметить изучение химических свойств короткоживущих ($T_{1/2}$<0.5 с) изотопов сверхтяжелых элементов и точное измерение масс этих изотопов.

Для проведения экспериментов по синтезу 119 элемента в реакции $^{50}Ti+^{249}Bk$ необходимо реализовать проект реконструкции Фабрики СТЭ с переоборудованием части помещений для обеспечения условий 1-го класса радиационной безопасности.

Проект направлен на создание новых современных экспериментальных установок. Экспериментальные установки, которые будут установлены на циклотроне ДЦ-280, будут использоваться для синтеза и изучения физических и химических свойств изотопов тяжелых и сверхтяжелых элементов, изучения механизмов ядерных реакций, ядерной спектроскопии и масс-спектрометрии.

Для достижения поставленных целей планируется создание газонаполненного сепаратора GASSOL на базе сверхпроводящего соленоида и многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра.

Магнитный газонаполненный сепаратор (GASSOL) предназначен для изучения атомных свойств и химического поведения изотопов сверхтяжелых элементов, в том числе их короткоживущих ($T_{1/2}$< 0.5 с) изотопов, что открывает доступ к элементам тяжелее Fl. Конструкция установки основана на использовании сверхпроводящего соленоидального магнита. Основной задачей сепаратора, помимо эффективного разделения продуктов реакции, является фокусировка интересующих ядер в пятно диаметром менее 1 см.

Специализированный масс-спектрометр высокого разрешения предназначен для измерения масс сверхтяжелых элементов с Z=104-118 и A=266-294 и продуктов их радиоактивного распада с точностью <100 кэВ. Принцип работы спектрометра основан на использовании многоотражательного времяпролетного метода (MR TOF).

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Разработка методов для получения интенсивных пучков ^{48}Ca, ^{50}Ti, ^{54}Cr и др.

Создание газонаполненного сепаратора GASSOL на базе сверхпроводящего соленоида для радиохимических исследований сверхтяжелых элементов.

Создание многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Обеспечение экспериментов по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов на Фабрике сверхтяжелых элементов.

Реализация проекта реконструкции Фабрики СТЭ с переводом части помещений в 1-й класс.

Проведение пусконаладочных работ и ввод в эксплуатацию сверхпроводящего газонаполненного сепаратора GASSOL. Монтаж канала транспортировки пучка от ДЦ-280 до сепаратора GASSOL и инженерных систем сепаратора.

Изготовление отдельных узлов времяпролетного многоотражательного масс-спектрометра. Сборка и наладка прототипа фильтра масс.

Сотрудничество по теме 1129

Страна или МО	Город, регион	Институт
Вьетнам	Ханой, HN	HUST
		IOP VAST
Индия	Калькутта, WB	VECC
	Мумбаи, MH	BARC
	Рупнагар, PB	IIT Ropar
Казахстан	Астана, AST	АФ ИЯФ
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS
	Пекин, BJ	BNU
		CIAE
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM
Россия	Нижний Новгород	ИПФ РАН
	Санкт-Петербург, SPE	ИАП РАН
		Нева-Магнит
		НИИЭФА РОСАТОМ
	Томск, TOM	ТПУ
Сербия	Белград, BG	VINCA
	Нови-Сад, VO	UNS

Страна или МО	Город, регион	Институт
ЮАР	Гцгебеха, EC	NMU
	Кейптаун, WC	iThemba LABS
	Стелленбос, WC	SU
	Фандербейлпарк, GT	VUT

04-4-1149-2024/2028

Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров

Руководитель: Лычагин Е.В.
Куликов С.А.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Аргентина, Армения, Беларусь, Болгария, Венгрия, Вьетнам, Германия, Египет, Индия, Испания, Италия, Казахстан, Китай, Куба, Латвия, МАГАТЭ, Монголия, Россия, Румыния, Сербия, Словакия, США, Таджикистан, Узбекистан, Франция, Чехия, Швейцария, Швеция, ЮАР, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Установление взаимосвязи между особенностями структурного строения материала и его физическими свойствами на микроскопическом уровне является одной из основополагающих задач, определяющих развитие современных представлений в области физики конденсированных сред, материаловедения, химии, геофизики, инженерных наук, биологии и фармакологии.

Уникальное преимущество использования нейтронных методов исследования делает их применение наиболее оптимальным, а в ряде случаев и единственным подходом для решения широкого спектра актуальных фундаментальных и прикладных задач. Для успешного выполнения программы нейтронных исследований первостепенное значение имеет поддержка и развитие крупных инфраструктур, охватывающих источник нейтронов и комплекс спектрометров.

Основной задачей проекта развития комплекса спектрометров является постоянное совершенствование имеющихся в распоряжении ученых экспериментальных методик. Это достигается главным образом за счет увеличения числа управляемых и контролируемых параметров, количества детекторов и систем окружения образца, используемых в эксперименте. Качество улучшается также благодаря их усовершенствованию, повышению требований к точности и быстродействию систем сбора данных, обеспечению дистанционного управления подсистемами спектрометра и экспериментом. Пользовательский режим работы спектрометров ИБР-2 выдвигает дополнительные требования к оборудованию спектрометров, системам управления и контроля, а также к системам сбора данных, которые должны быть просты в освоении и использовании, иметь удобный графический интерфейс и обеспечивать интернет-доступ к результатам измерений.

Разработка концепции нового перспективного нейтронного источника является важной задачей, успешное решение которой имеет ключевое значение для продолжения программы нейтронных исследований после окончания срока эксплуатации ИБР-2. В рамках данной задачи работы по созданию нового импульсного реактора на быстрых нейтронах были включены в Семилетний план развития ОИЯИ на 2017–2023 гг. и продолжаются в текущем Семилетнем плане развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. К основным этапам разработки концепции нового источника относятся: разработка предварительной научной программы и определение состава комплекса научных установок для проведения нейтронных исследований, разработка технических заданий для эскизного и инфраструктурного проектов, обоснование конструкции нового источника нейтронов, а также реализация программы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Работы над проектом реактора включают в себя также расчетно-экспериментальное исследование динамики импульсных реакторов, оптимизацию конструкции основных систем реактора, разработку топлива и твэлов на его основе, оптимизацию конфигурации комплекса замедлителей, разработку макетов или специальных испытательных стендов.

Проекты и подпроекты инфраструктуры:

	Наименование проекта / подпроекта	Руководители проекта / подпроекта	Шифр проекта / подпроекта
1.	Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов	Козленко Д.П. Аксенов В.Л. Балагуров А.М.	04-4-1149-2-2021/2028

1.1. Исследование структуры и динамики функциональных материалов и наносистем на базе комплекса спектрометров реактора ИБР-2	Козленко Д.П. *Заместители:* Авдеев М.В. Бокучава Г.Д.	04-4-1149-2-1-2024/2028
1.2. Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии BJN (Байорек-Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2	Ракша Е.В. Горемычкин Е.А.	04-4-1149-2-2-2024/2028
2. Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2	Боднарчук В.И. Приходько В.И.	04-4-1149-3-2021/2028
2.1. Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами	Черников А.Н.	04-4-1149-3-2-2024/2028
2.2. Разработка и развитие элементов инфраструктуры спектрометров на реакторе ИБР-2	Боднарчук В.И. Приходько В.И. Булавин М.В.	04-4-1149-3-3-2024/2028
3. Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ	Лычагин Е.В. Швецов В.Н. Булавин М.В.	04-4-1149-4-2021/2028
3.1. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обоснование разработки эскизного проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ – пульсирующего быстрого реактора НЕПТУН	Лычагин Е.В. Швецов В.Н. Булавин М.В.	04-4-1149-4-1-2024/2028

Проекты и подпроекты:

Наименование проекта Лаборатория	**Руководители проекта** Ответственные от лаборатории	**Сроки реализации** **Статус**
1. Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов	**Козленко Д.П.** **Аксенов В.Л.** **Балагуров А.**	2021-2028 Реализация
ЛНФ, ЛИТ, ЛТФ, ЛФВЭ, ЛЯР	см. участников подпроектов	

Краткая аннотация и научное обоснование:

Изучение структурного строения, магнитного упорядочения, динамики, физических и химических свойств новых перспективных материалов и наносистем, демонстрирующих важные функциональные свойства, микроскопические механизмы возникновения которых мало изучены. Перечень объектов исследования включает мультиферроики, сплавы с эффектами гигантской магнитострикции и памяти формы, низкоразмерные и геометрически фрустрированные магнетики, проявляющие необычные магнитные состояния и свойства, материалы, перспективные для использования в компактных источниках электрического тока, магнитные слоистые наноструктуры, демонстрирующие различные эффекты близости, например, сосуществование сверхпроводящего и магнитоупорядоченного состояния, органические функциональные материалы с водородными связями, сложные жидкости и полимеры с широким спектром потенциальных технологических применений, структурная организация и свойства которых могут значительно изменяться при изменении концентрации и химического состава, биологические наносистемы, включая липидные мембраны, белки и их комплексы, исследование которых позволяет понять биофизические процессы, протекающие в живых организмах, механизмы воздействия и переноса лекарств, причины возникновения различных заболеваний, биогибридные материалы, конструкционные материалы, широко применяемые или планируемые к использованию в различных отраслях промышленности и производства. Кроме этого, планируется проведение прикладных исследований текстуры, остаточных напряжений и внутренней

организации горных пород и минералов, конструкционных материалов, объектов природного и культурного наследования, направленных на установление механизмов геофизических процессов, образования дефектов и напряженных областей в промышленных изделиях, реконструкцию и анализ древних технологий, эволюции и развитие классификации ископаемых организмов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
В процессе реализации научной программы будут получены новые физические результаты по исследованию взаимосвязи между особенностями структурного строения и динамики новых функциональных материалов и наносистем и их физическими свойствами на микроскопическом уровне, имеющие важное значение для развития современных представлений в области физики конденсированных сред, химии, материаловедения, биофизики, геофизики и развития современных технологий в сфере электроники, компактных источников тока, фармакологии, медицины. Будут экспериментально проверены теоретические предсказания и модели, обнаружены новые явления и закономерности.

В результате реализации методической программы будет проведена модернизация существующих и создание новых спектрометров на ИЯУ ИБР-2, что позволит расширить область их применения для проведения междисциплинарных научных исследований новых функциональных материалов и наносистем.

Будет проведена разработка и создание основных элементов спектрометра BJN.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Реализация научной программы

Определение структурных параметров и фазовых состояний функциональных сплавов с эффектами магнитострикции и памяти формы.

Анализ структурных фазовых превращений и их взаимосвязи с диэлектрическими, сегнетоэлектрическими и фотокаталитическими свойствами сложных замещенных оксидов ниобата серебра.

Определение параметров атомной и магнитной структуры квантовых магнитных материалов в широком диапазоне термодинамических параметров (температуры, давления).

Определение характеристик структурных и магнитных фазовых состояний функциональных материалов при воздействии высоких давлений и анализ их изменений.

Анализ сложных структурных и микроструктурных состояний твердых электролитов и электродов для металл-ионных аккумуляторов.

Определение структурных характеристик оптических наноматериалов, анализ структурных параметров люминесцентных наночастиц в стеклянной матрице.

Установление явлений и эффектов, связанных с сосуществованием магнетизма и сверхпроводимости в слоистых структурах на основе переходных, редкоземельных и др. металлов.

Определение структурных характеристик углеродных наноматериалов, в том числе используемых в качестве компонент электродов литиевых источников тока.

Анализ структурных особенностей магнитных наносистем, включая коллоидные наносистемы, композиты с магнитными наночастицами, агрегационные эффекты в магнитных жидкостях и магнитные наноструктуры ядро-оболочка.

Определение структурных характеристик полимерных систем на подложках, мицелл ПАВ в объеме и на поверхности, комплексов полимеров с мицеллами ПАВ.

Анализ структурной организации тонких нанокомпозитных пленок, включая силикатные пленки с наночастицами.

Анализ эффектов фазового расслоения жидкостей на твердых границах раздела.

Анализ физико-биологических свойств липидных и нативных мембран, белковых взаимодействий, структуры и свойств белков и мембран-белковых комплексов, кристаллизации белков.

Определение структурных характеристик и изучение свойств биогибридных комплексов.

Анализ особенностей структуры и молекулярной динамики органических соединений: карбоновые кислоты ароматического и алифатического ряда и их производные.

Определение внутренних напряжений и микродеформаций в конструкционных материалах и объемных изделиях, геологических объектах.

Текстурный анализ биологических и палеонтологических образцов, образцов конструкционных материалов, горных пород, объектов культурного наследия.

Анализ внутреннего строения и построение 3D моделей объектов культурного и природного наследия, промышленных материалов и изделий по данным нейтронной томографии и радиографии.

Реализация методической программы развития спектрометров на ИЯУ ИБР-2

Модернизация детекторной системы дифрактометра ДН-12 для исследования микрообразцов, направленная на увеличение светосилы и расширение доступного диапазона высоких давлений.

Реконструкция дифрактометра Эпсилон для проведения текстурных исследований.

Модернизация рефлектометра РЕМУР, направленная на повышение светосилы, поляризующей эффективности и улучшение фоновых условий, развитие систем окружения образца.

Улучшение технических параметров и расширение экспериментальных возможностей многофункционального рефлектометра ГРЭИНС (развитие жидкостных ячеек для проведения экспериментов).

Развитие методики дифракционных исследований макромолекул на установках ДРВ и ЮМО.

Развитие методов энергодисперсионной радиографии и томографии холодных нейтронов на 10А канале ИБР-2.

Усовершенствование корреляционного спектрометра FSS на 13 канале ИБР-2 и улучшение его технических параметров. Дальнейшее развитие корреляционного RTOF-метода.

Модернизация действующих спектрометров реактора ИБР-2, направленная на улучшение их технических характеристик, замену устаревших и вышедших из строя элементов.

Закупка кристаллов пиролитического графита для создания фокусирующего анализатора, разработка и создание элементов зеркального нейтроновода спектрометра BJN, разработка проектной документации галереи биологической защиты для размещения зеркального нейтроновода на канале 2 реактора ИБР-2, разработка инженерной документации для изготовления вторичного спектрометра.

Наименование подпроекта	**Руководитель подпроекта**	**Сроки реализации**
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.1. Исследование структуры и динамики функциональных материалов и наносистем на базе комплекса спектрометров реактора ИБР-2	**Козленко Д.П.** *Заместители:* **Авдеев М.В.** **Бокучава Г.Д.**	2024-2028 Реализация

ЛНФ Авдеев М.В., Абдурахимов Б.А., Абиев А.С., Авдеев М.М., Айданов Г.М., Аксенов В.Л., Алтангэрэл Б., Асадов А.Г., Бокучава Г.Д., Бакиров Б.А., Балагуров Д.А., Балашою М., Бекбаев А., Бескровный А.И., Булаева А.С., Васин Р.Н., Вершинина Т.Н., Гасанов К.М., Генов И.Г., Голосова Н.О., Горемычкин Е.А., Горшкова Ю.Е., Донец М.Ю., Дюсембекова С., Ердаулетов М., Ересько А.Б., Ержанов Б., Ермакова Е.В., Жакетов В.Д., Жомартова А., Зель И.Ю., Ибрахим Заки А.З., Иванкина Т.И., Иваньков А.И., Исламов А.Х., Кенесарин М., Киселев М.А., Кичанов С.Е., Куклин А.И., Кобчикова П.П., Кожевников С.В., Колупаев Е.Д., Круглов А.А., Лис О.Н., Лукин Е.В., Лычагина Т.А., Муругова Т.Н., Мырзабекова Э., Набиев А.А., Назаров К., Назарова А., Науменко М.В., Никитенко Ю.В., Николаев Д.И., Норов Д.А., Папушкин И.В., Петренко А.В., Пономарева О.Ю., Ракша Е.В., Руткаускас А.В., Савенко Б.Н., Самойлова Н.Ю., Сиколенко В.В., Симкин В.Г., Ской В.В., Смирнова В.С., Сумников С.В., Суханов В.И., Турченко В.А., Хамис Э.М.А., Холмуродов Х.Т., Чаусова В.А., Элькхоули А.И.М., Эльмекави А.Х.А.

ЛИТ Земляная Е.В., Соловьев А.Г.

ЛТФ Юшанхай В.Ю.

ЛФВЭ Барабанов М.Ю.

ЛЯР Апель П.Ю., Скуратов В.А.

Краткая аннотация и научное обоснование по подпроекту:

Подпроект направлен на исследование особенностей структурного строения, магнитного упорядочения, динамики, физических и химических свойств новых перспективных функциональных и конструкционных материалов, сложных

жидкостей и полимеров, наносистем, геофизических объектов, объяснение микроскопических механизмов формирования свойств которых важно как для развития современных представлений в области физики конденсированного состояния, материаловедения, биофизики, химии, геофизики, фармакологии, инженерных наук, так и новых технологических приложений в производстве энергии, электронике, биологии, медицине.

Нейтронные методы исследования вещества (дифракция, малоугловое рассеяние, рефлектометрия, неупругое рассеяние, радиография и томография) позволяют получать детальную информацию об атомной и магнитной структуре и динамике материалов на атомном и надатомном уровнях. В силу особенностей взаимодействия медленных нейтронов с веществом методы рассеяния нейтронов имеют высокую эффективность при определении положений легких атомов в окружении тяжелых, изучении распределения элементов с близкими атомными номерами, исследовании процессов изотопного замещения и магнитных структур. Это обуславливает большие преимущества при использовании методов рассеяния нейтронов в исследовании широкого круга перспективных функциональных материалов и наносистем по сравнению с другими подходами.

Для обеспечения решения научных задач проекта планируется проведение работ по обеспечению бесперебойной работы, модернизации и реконструкции действующих спектрометров реактора ИБР-2, а также завершение работ по созданию нового спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга. Для повышения эффективности решения поставленных задач наряду с нейтронными методами будут использоваться взаимодополняющие методы рентгеновского рассеяния, рамановской, атомно-силовой спектроскопии и др. с применением дополнительного лабораторного оборудования.

Ожидаемые результаты по завершению подпроекта:
В процессе реализации научной программы будут получены новые физические результаты по исследованию взаимосвязи между особенностями структурного строения и динамики новых функциональных материалов и наносистем и их физическими свойствами на микроскопическом уровне, имеющие важное значение для развития современных представлений в области физики конденсированных сред, химии, материаловедения, биофизики, геофизики и развития современных технологий в сфере электроники, компактных источников тока, фармакологии, медицины. Будут экспериментально проверены теоретические предсказания и модели, обнаружены новые явления и закономерности.

В результате реализации методической программы будет проведена модернизация существующих и создание новых спектрометров на ИЯУ ИБР-2, что позволит расширить область их применения для проведения междисциплинарных научных исследований новых функциональных материалов и наносистем.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:

Реализация научной программы

Определение структурных параметров и фазовых состояний функциональных сплавов с эффектами магнитострикции и памяти формы.

Анализ структурных фазовых превращений и их взаимосвязи с диэлектрическими, сегнетоэлектрическими и фотокаталитическими свойствами сложных замещенных оксидов ниобата серебра.

Определение параметров атомной и магнитной структуры квантовых магнитных материалов в широком диапазоне термодинамических параметров (температуры, давления).

Определение характеристик структурных и магнитных фазовых состояний функциональных материалов при воздействии высоких давлений и анализ их изменений.

Анализ сложных структурных и микроструктурных состояний твердых электролитов и электродов для металл-ионных аккумуляторов.

Определение структурных характеристик оптических наноматериалов, анализ структурных параметров люминесцентных наночастиц в стеклянной матрице.

Установление явлений и эффектов, связанных с сосуществованием магнетизма и сверхпроводимости в слоистых структурах на основе переходных, редкоземельных и др. металлов.

Определение структурных характеристик углеродных наноматериалов, в том числе используемых в качестве компонент электродов литиевых источников тока.

Анализ структурных особенностей магнитных наносистем, включая коллоидные наносистемы, композиты с магнитными наночастицами, агрегационные эффекты в магнитных жидкостях и магнитные наноструктуры ядро-оболочка.

Определение структурных характеристик полимерных систем на подложках, мицелл ПАВ в объеме и на поверхности, комплексов полимеров с мицеллами ПАВ.

Анализ структурной организации тонких нанокомпозитных пленок, включая силикатные пленки с наночастицами.

Анализ эффектов фазового расслоения жидкостей на твердых границах раздела.

Анализ физико-биологических свойств липидных и нативных мембран, белковых взаимодействий, структуры и свойств белков и мембран-белковых комплексов, кристаллизации белков.

Определение структурных характеристик и изучение свойств биогибридных комплексов.

Анализ особенностей структуры и молекулярной динамики органических соединений: карбоновые кислоты ароматического и алифатического ряда и их производные.

Определение внутренних напряжений и микродеформаций в конструкционных материалах и объемных изделиях, геологических объектах.

Текстурный анализ биологических и палеонтологических образцов, образцов конструкционных материалов, горных пород, объектов культурного наследия.

Анализ внутреннего строения и построение 3D моделей объектов культурного и природного наследия, промышленных материалов и изделий по данным нейтронной томографии и радиографии.

Реализация методической программы развития спектрометров на ИЯУ ИБР-2

Модернизация детекторной системы дифрактометра ДН-12 для исследования микрообразцов, направленная на увеличение светосилы и расширение доступного диапазона высоких давлений.

Реконструкция дифрактометра Эпсилон для проведения текстурных исследований.

Модернизация рефлектометра РЕМУР, направленная на повышение светосилы, поляризующей эффективности и улучшение фоновых условий, развитие систем окружения образца.

Улучшение технических параметров и расширение экспериментальных возможностей многофункционального рефлектометра ГРЭИНС (развитие жидкостных ячеек для проведения экспериментов).

Развитие методики дифракционных исследований макромолекул на установках ДРВ и ЮМО.

Развитие методов энергодисперсионной радиографии и томографии холодных нейтронов на 10А канале ИБР-2.

Усовершенствование корреляционного спектрометра FSS на 13 канале ИБР-2 и улучшение его технических параметров. Дальнейшее развитие корреляционного RTOF-метода.

Модернизация действующих спектрометров реактора ИБР-2, направленная на улучшение их технических характеристик, замену устаревших и вышедших из строя элементов.

1.2. Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии BJN (Байорек-Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2

Ракша Е.В.
Горемычкин Е.А.

2024-2028

Реализация

ЛНФ Круглов А.А., Ересько А.Б., Булатов К.В., Боднарчук В.И., Чураков А.В., Черников А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование по подпроекту:

Анализ состояния исследований в области динамики конденсированных сред методом неупругого рассеяния нейтронов (НРН) в ЛНФ показал, что существующий спектрометр НРН НЕРА, некоторое время назад составлявший успешную конкуренцию аналогичным установкам в европейских нейтронных центрах, в настоящее время значительно устарел и больше не удовлетворяет потребностям сообщества пользователей в восточно-европейском регионе. Поэтому крайне важной задачей является обновление спектрометров НРН в исторически сложившемся направлении с целью поддержания конкурентоспособной позиции ЛНФ ОИЯИ в области нейтронной спектроскопии среди других мировых нейтронных центров.

Перспективным подходом является создание нового спектрометра НРН высокой светосилы, который будет использовать современную нейтронную оптику и новые конструктивные решения для получения результатов с высоким разрешением, при хорошем отношении сигнал-фон в широком диапазоне передачи энергии и с использованием как можно меньшей массы исследуемого образца. Данный подход предлагается использовать для создания универсального спектрометра НРН в обратной геометрии BJN (**Б**айорек-**Я**ник-**Н**атканец). Сочетание высокого потока импульсного нейтронного источника ИБР-2, современной фокусирующей нейтронной оптики, анализаторов энергии с очень большой поверхностью (два анализатора с площадью ~3.3 м^2) обеспечит максимально возможную светосилу создаваемого спектрометра, при этом фактор выигрыша по сравнению со спектрометром НЕРА может составить до 400 раз.

Основной круг научных задач, для которых будет использоваться спектрометр BJN, включает в себя:
– исследование на микроскопическом уровне структурных фазовых переходов;

– исследование процессов диффузии протонов в системах с различными типами водородных связей;

– исследование динамики протонов в молекулярных кристаллах, в широкой области передач энергий;

– исследования ассоциативных взаимодействий химических частиц, в том числе систем с образованием водородных связей различных типов;

– исследования магнитной динамики в соединениях с 4*f* и 3*d* переходными металлами.

Перечень объектов исследования:
– молекулярные кристаллы и их фазовые производные;

– фармацевтические препараты в объемном состоянии и в виде «микронизированных» или «аморфизированных» порошков;

– новые биологически активные соединения, включая наноструктурированные;

– материалы для накопления энергии;

– интерметаллические соединения 4*f* и 3*d* переходных металлов;

– катализаторы;

– фотонные материалы промышленного применения;

– нанокомпозитные материалы.

Ожидаемые результаты по завершении подпроекта:
Разработка и создание основных элементов спектрометра BJN.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:
Закупка кристаллов пиролитического графита для создания фокусирующего анализатора.

Разработка и создание элементов зеркального нейтроновода.

Разработка проектной документации галереи биологической защиты для размещения зеркального нейтроновода на канале 2 реактора ИБР 2.

Разработка инженерной документации для изготовления вторичного спектрометра.

Сотрудничество по проекту 1149-2

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	АзТУ
		ИФ
Армения	Ереван, ER	НИЦИКН
		ННЛА
Беларусь	Минск, MI	БГТУ
		НИИ ФХП БГУ
		НПЦ НАНБ
Болгария	София, SOF	IE BAS
		IEES BAS
		INRNE BAS
		ISSP BAS
		UCTM
Венгрия	Будапешт, BUD	EK-CER
		Wigner RCP
Вьетнам	Дананг, DN	DTU
	Ханой, HN	IOP VAST
Египет	Александрия, ALX	AU

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Бени-Суэйф, BNS	BSU
	Гиза, GZ	CU
	Каир, C	ASU
		EAEA
Индия	Патна, BR	NIT Patna
	Ченнай, TN	IIT Madras
Испания	Барселона, CT	ICMAB-CSIC
	Лехона, PV	BCMaterials
	Мадрид, MD	CENIM-CSIC
Италия	Мессина, ME	UniMe
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
		КазНУ
		НПЦ Микробиологии
Китай	Дунгуань, GD	CSNS
	Пекин, BJ	CIAE
	Харбин, HL	HEU
	Шанхай, SH	TDLI
Куба	Гавана, HAV	InSTEC
Латвия	Рига, RIX	ISSP UL
Монголия	Улан-Батор, ULN	IPT MAS
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"
	Екатеринбург, SVE	ИФМ УрО РАН
		УрФУ
	Иваново, IVA	ИХР РАН
	Казань, TA	КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН
		КФУ
		ФИЦ КазНЦ РАН
	Калининград	БФУ
	Красноярск, KYA	ИФ СО РАН
		СФУ
		ФИЦ КНЦ СО РАН
	Москва, MOW	ВИАМ
		ИА РАН
		ИГЕМ РАН
		ИМЕТ РАН
		Ин-т иммунологии ФМБА
		ИНМИ РАН
		ИОНХ РАН
		ИТПЗ РАН
		ИФЗ РАН

Страна или МО	Город, регион	Институт
		КК КиФ
		МГУ
		МИСИС
		МИФИ
		МИЭТ
		НИИЯФ МГУ
		НИЦ КИ
		ПИН РАН
		Сколтех
		ФИАН
		ЦКММ МИЭМ ВШЭ
	Нижний Новгород	ИФМ РАН
		ННГУ
	Омск, OMS	ОмГУПС
	Пермь, PER	ИМСС УрО РАН
		ИТХ УрО РАН
	Ростов-на-Дону, ROS	НИИФ ЮФУ
		ЮФУ
	Санкт-Петербург, SPE	ИВС НИЦ КИ ПИЯФ
		ФТИ Иоффе
		ЦНИИ КМ “Прометей”
	Ставрополь, STA	СКФУ
	Стерлитамак, BA	СФ УУНиТ
	Томск, TOM	ТПУ
	Троицк, MOW	ИФВД РАН
		ИЯИ РАН
	Тула, TUL	ТулГУ
	Челябинск, CHE	ЮУрГУ
	Черноголовка, MOS	ИФТТ РАН
Румыния	Бая-Маре, MM	TUCN-NUCBM
	Бухарест, B	UB
	Клуж-Напока, CJ	RA BC-N
		UBB
	Констанца, CT	MINAC
	Тимишоара, TM	UVT
	Яссы, IS	NIRDTP
		UAIC
Сербия	Белград, BG	VINCA
	Нови-Сад, VO	UNS
Словакия	Кошице, KI	IEP SAS
США	Беркли, CA	UC
Таджикистан	Душанбе, DU	НАНТ

Страна или МО	Город, регион	Институт
		ТТУ
		ФТИ НАНТ
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
Франция	Гренобль, ARA	IBS
		ILL
Чехия	Прага, PR	CTU
		IG CAS
		IP CAS
Швейцария	Филлиген, AG	PSI
ЮАР	Кейптаун, WC	iThemba LABS
	Претория, GT	Necsa
		UP
Япония	Токио, TYO	Keio Univ.
		Waseda Univ.

Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	
2. Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2	**Боднарчук В.И.** **Приходько В.И.**	2021-2028 Реализация
ЛНФ, ЛЯП, ЛИТ	см. участников подпроектов	

Краткая аннотация и научное обоснование по проекту:
Исследования конденсированных сред с помощью рассеяния нейтронов проводятся на достаточно сложном экспериментальном оборудовании, позволяющем реализовать различные нейтронографические методы. Для получения результатов на уровне мировых стандартов необходимо постоянно совершенствовать технику измерений, чтобы обеспечивать управление и контроль многочисленных параметров эксперимента, совершенствовать быстродействие и разрешающую способность регистрирующей аппаратуры, управлять различными механизмами и системами окружения образца. Пользовательский режим работы спектрометров ИБР-2 выдвигает дополнительные требования к управлению экспериментальным оборудованием, а также к системам сбора данных: простота освоения и работы, удобный графический интерфейс, интернет-доступ к результатам измерений и др.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Ввод в эксплуатацию детектора ДОР на дифрактометре ФДВР на 5-м канале реактора ИБР-2 и получение первых физических результатов.

Создание векторного магнита на основе несимметричных катушек Гельмгольца, с устройством термостатирования при низких – 1.5 К и сверхнизких температурах – до 0.5 К для рефлектометра РЕМУР.

Монтаж и ввод в эксплуатацию нового прерывателя на 8-м канале реактора ИБР-2.

Разработка и изготовление позиционно-чувствительных счетчиков нейтронов с резистивными анодами различного диаметра.

Создание тестового стенда для проверки характеристик позиционно-чувствительных детекторов (ПЧД).

Разработка системы накопления данных на основе многоканальных диджитайзеров.

Создание типового модуля ПЧД системы на основе трубок с резистивной нитью с диаметром катода 6 мм.

Создание и ввод в эксплуатацию новой детекторной системы спектрометра РЕМУР.

Разработка и ввод в эксплуатацию монитора интенсивности падающего пучка на спектрометре ЮМО.

Разработка архитектуры многозазорной плоскопараллельной резистивной камеры с конвертером ^{10}B, изготовление прототипа и исследование его характеристик.

Разработка многосчётчиковой системы для создаваемой на 2 канале ИБР-2 установки неупругого рассеяния.

Наладка, испытание и ввод в эксплуатацию детектора АСТРА-М на спектрометре ФСД.

Разработка для дифрактометра ФСС нового ±90°-детектора с пространственной и временной фокусировкой, аналогичного детектору АСТРА-М, вместе с детекторной электроникой и электроникой сбора и накопления данных.

Разработка детекторной электроники и систем сбора, предварительной обработки и накопления данных для новых детекторных систем. Внедрение многоканальных диджитайзеров в измерительные системы спектрометров ИБР-2.

Внедрение ПЛК в системы управления спектрометров. Оснащение спектрометров системами видеонаблюдения. Ввод новых измерительных устройств и контроллеров по заявкам ответственных за установки. Автоматизация системы управления вакуумом на спектрометрах НЕРА, СКАТ, ФСД, ФСС. Автоматизация системы управления источником тока магнита для криостата ДН-12. Унификация систем контроля и регулирования температуры, используемых на спектрометрах ИБР-2.

Разработка нового криостата для охлаждения камер высокого давления на установке ДН-12.

Разработка и внедрение на спектрометрах ИБР-2 новой версии комплекса Sonix+ и сопутствующих систем, адаптированных для работы с форматом данных в виде списка событий.

Постоянная модернизация совместно с ЛИТ сегмента локальной сети ЛНФ.

Моделирование установок и их элементов для модернизации действующих спектрометров и проектирования новых.

Штатная эксплуатация роботизированной системы высокоточного позиционирования радиоактивных образцов с функцией визуального и дозового контроля в составе облучательной установки реактора ИБР-2 для изучения радиационной стойкости материалов.

Обеспечение бесперебойной работы систем и механизмов на всех спектрометрах реактора ИБР-2.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Сборка криостата РЕМУР: запуск колонки ожижителя 4He криостата РЕМУР; получение температуры 0.95 К по каскадной схеме в колонке рефрижератора растворения 3He в 4He путем вакуумной откачки жидкого 4He.

Изготовление четырех катушек векторного магнита. Охлаждение каждой из катушек до температурного уровня 10К с получением сверхпроводящего состояния обмотки.

Сборка всех катушек на каркасе векторного магнита.

Охлаждение всей сборки до температурного уровня 15 К.

Получение сверхпроводящего состояния обмотки катушек в сборке на каркасе.

Разработка, создание и испытание нового 8-счётчикового модуля ПЧД на основе трубок с резистивной нитью. Разработка и создание новой аналоговой электроники для модуля. Разработка программного кода для прошивки FPGA диджитайзера в составе системы накопления данных.

Настройка и калибровка детекторной системы спектрометра СКАТ.

Завершение разработки детектора АСТРА-2М с 90-градусной геометрией для спектрометра ФСС с детекторной электроникой и электроникой сбора и накопления данных. Завершение сборки сцинтилляционных плоскостей и изготовление корпусов детектора. Монтаж и сборка элементов детектора. Разработка, изготовление и наладка детекторной электроники и электроники сбора и накопления данных.

Настройка аналоговой электроники и системы накопления данных для 132 канального детектора на основе ^{3}He счетчиков для спектрометра ДН-12, испытание системы накопления на нейтронном пучке.

Внедрение диджитайзеров в измерительные системы спектрометров ИБР-2 (ФСД, ФСС и ФДВР).

Развитие инфраструктуры для создания детекторов нейтронов.

Ввод в эксплуатацию новых измерительных устройств и контроллеров по заявкам ответственных за установки.

Развитие комплекса Sonix+ для подключения новых установок, DAQ контроллеров и устройств окружения образца по заданиям пользователей.

Подготовка и внедрение на спектрометрах ИБР-2 версии комплекса Sonix+, адаптированной для работы с данными в виде списка событий по согласованию с пользователями.

Организация совместной работы комплекса Sonix+ с программами DIDEN и Romana для управления детекторами на установках ФСД, ФДВР и ЮМО.

Подготовка новой версии программного обеспечения централизованного хранилища данных измерений. Подключение спектрометра ЮМО к хранилищу.

Постоянная и своевременная поддержка сегмента локальной сети ЛНФ и модернизация его в соответствии с планами ЛИТ, а также сопровождение ЦВК ЛНФ.

Разработка системы прецизионного (высокоточного) перемещения установки к реактору ИБР-2, изготовление автоматизированного хранилища радиоактивных образцов в соответствии с разработанной РКД. Изучение радиационной стойкости материалов на установке для радиационных исследований реактора ИБР-2.

Наименование подпроекта	**Руководитель подпроекта**	**Сроки реализации**
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
2.1. Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами	**Черников А.Н.**	2024-2028
		Реализация

ЛНФ Алтынов А.В., Боднарчук В.И., Буздавин А.П., Жакетов В.Д., Зернин Н.Д., Морковников И.А., Петухова Т.Б., Пикельнер Т.Л., Садилов В.В., Червяков Ф.А.

Краткая аннотация и научное обоснование по подпроекту:
Рефлектометрия поляризованных нейтронов – экспериментальный метод исследования металлических низкоразмерных гетероструктур, полимерных пленок, биологических систем, свободной поверхности жидкости, магнитных жидкостей – требует экспериментального оборудования, включающего в себя специальную магнитную систему. Разрабатываемая магнитная система – векторный магнит – позволит изменять направление магнитного поля в двух направлениях и будет иметь апертуру, позволяющую разместить устройство термостатирования при низких и сверхнизких температурах, а также систему детектирования нейтронов и гамма-квантов. Векторный магнит будет установлен на рефлектометре РЕМУР на 8-м канале реактора ИБР-2.

Ожидаемые результаты по завершении подпроекта:
Создание векторного магнита на основе несимметричных катушек Гельмгольца, с устройством термостатирования при низких – 1.5 К и сверхнизких температурах – до 0.5 К для рефлектометра РЕМУР.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:
Сборка криостата РЕМУР: запуск колонки ожижителя 4He криостата РЕМУР; получение температуры 0.95 К по каскадной схеме в колонке рефрижератора растворения 3He в 4He путем вакуумной откачки жидкого 4He.

Изготовление четырех катушек векторного магнита. Охлаждение каждой из катушек до температурного уровня 10К с получением сверхпроводящего состояния обмотки.

Сборка всех катушек на каркасе векторного магнита.

Охлаждение всей сборки до температурного уровня 15 К.

Получение сверхпроводящего состояния обмотки катушек в сборке на каркасе.

2.2. Разработка и развитие элементов инфраструктуры спектрометров на реакторе ИБР-2	**Боднарчук В.И.** **Приходько В.И.** **Булавин М.В.**	2024-2028 Реализация

ЛНФ Богдзель А.А., Богомолова Н.Н., Богомолова О.Н., Булавина В.В., Володин О.В., Восканян Е.Ю., Даулбаев О., Дроздов В.А., Дыдышко Т.Н., Егоров В.Ю., Ермолаева О.В., Журавлев В.В., Иоффе А.И., Као Ван Хай, Кирилов А.С., Кислицын П.А., Ковалев И.В., Козляковская А.А., Колесников Е.А., Курилкин А.К., Литвиненко Е.И., Малькова Г.Е., Милков В.М., Милкова Т.В., Мурашкевич С.М., Оводов А.С., Петрова М.О., Попов В.В., Рзянин М.В., Сухарев А.А., Сухомлинов Г.А., Тихонов М.В., Чураков А.В, Швецов Н.В., Швецов В.В., Широков В.К.

ЛИТ Кашунин И.А.

ЛЯП Лапкин А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование по подпроекту:
Реактор ИБР-2 является уникальным источником нейтронов, который используется для исследований структуры и физических свойств конденсированных сред. Информация об изучаемых объектах получается на специализированных установках нейтронного рассеяния (спектрометрах), на которых реализованы различные методики исследований. Качество получаемой информации во многом определяется свойствами источника нейтронов и качеством экспериментального оборудования. Реактор периодического действия ИБР-2 относится к высокопоточным источникам нейтронов с импульсной мощностью свыше 1 МВт. Основные требования к оборудованию научных установок заключаются в максимально эффективном использовании потока тепловых и холодных нейтронов в рамках реализованной методики. Оборудование любого спектрометра достаточно разноплановое и включает в себя элементы, формирующие пучок нейтронов, системы регистрации нейтронного и других излучений, разнообразные системы контроля и управления экспериментом, специальное оборудование для создания требуемых условий на образце во время измерений и др. При этом все элементы и механизмы должны выполнять свои функции в условиях повышенной радиационной нагрузки и обеспечивать бесперебойную работу в течение длительных интервалов времени. Каждый спектрометр является уникальным объектом даже в рамках реализации одной и той же методики на одном и том же источнике. Несмотря на то, что состав оборудования установки включает в себя ряд стандартных элементов, их конфигурация всегда уникальна и требует специального отношения.

Данный проект направлен на реализацию задач по созданию и развитию надежных и эффективных элементов спектрометров для всестороннего обеспечения экспериментальных работ и получения научных результатов высокого уровня.

В отделе НЭОКС ИБР-2 накоплен богатый опыт разработки и эксплуатации оборудования спектрометров и систем управления и имеется высококвалифицированный персонал, что несомненно позволяет выполнить данный проект, направленный на дальнейшее совершенствование экспериментальной инфраструктуры реактора ИБР-2. Проект состоит из 7-ми разделов, каждый из которых представляет отдельный элемент экспериментальной инфраструктуры.

Ожидаемые результаты по завершении подпроекта:
Монтаж и ввод в эксплуатацию нового прерывателя на 8-м канале реактора ИБР-2.

Внедрение систем управления вакуумом на основе ПЛК.

Разработка и изготовление позиционно-чувствительных счетчиков нейтронов с резистивными анодами различного диаметра.

Создание тестового стенда для проверки характеристик позиционно-чувствительных детекторов (ПЧД).

Разработка системы накопления данных на основе многоканальных диджитайзеров.

Создание типового модуля ПЧД системы на основе трубок с резистивной нитью с диаметром катода 6 мм.

Создание и ввод в эксплуатацию новой детекторной системы спектрометра РЕМУР.

Разработка и ввод в эксплуатацию монитора интенсивности падающего пучка на спектрометре ЮМО.

Разработка архитектуры многозазорной плоскопараллельной резистивной камеры с конвертором ^{10}B, изготовление прототипа и исследование его характеристик.

Разработка многосчётчиковой системы для создаваемой на 2 канале ИБР-2 установки неупругого рассеяния.

Наладка, испытание и ввод в эксплуатацию детектора АСТРА-М на спектрометре ФСД.

Разработка для дифрактометра ФСС нового ±90°-детектора с пространственной и временной фокусировкой, аналогичного детектору АСТРА-М, вместе с детекторной электроникой и электроникой сбора и накопления данных.

Разработка детекторной электроники и систем сбора, предварительной обработки и накопления данных для новых детекторных систем. Внедрение диджитайзеров фирмы CAEN в измерительные системы спектрометров ИБР-2.

Внедрение ПЛК в системы управления спектрометров. Оснащение спектрометров системами видеонаблюдения. Ввод новых измерительных устройств и контроллеров по заявкам ответственных за установки. Автоматизация системы управления вакуумом на спектрометрах НЕРА, СКАТ, ФСД, ФСС. Автоматизация системы управления источником тока магнита для криостата ДН-12. Унификация систем контроля и регулирования температуры, используемых на спектрометрах ИБР-2.

Разработка нового криостата для охлаждения камер высокого давления на установке ДН-12.

Моделирование установок и их элементов для модернизации действующих спектрометров и проектирования новых.

Развитие комплекса Sonix+ для подключения новых установок, DAQ контроллеров и устройств окружения образца по заданиям пользователей.

Подготовка и внедрение на спектрометрах ИБР-2 версии комплекса Sonix+, адаптированной для работы с данными в виде списка событий по согласованию с пользователями.

Организация совместной работы комплекса Sonix+ с программами DIDEN и Romana для управления детекторами на установках ФСД, ФДВР и ЮМО.

Подготовка новой версии программного обеспечения централизованного хранилища данных измерений. Подключение спектрометра ЮМО к хранилищу.

Постоянная и своевременная поддержка сегмента локальной сети ЛНФ и модернизация его в соответствии с планами ЛИТ, а также сопровождение ЦВК ЛНФ.

Штатная эксплуатация системы прецизионного (высокоточного) перемещения облучательной установки к реактору ИБР-2, ввод в эксплуатацию автоматизированного хранилища радиоактивных образцов в соответствии с разработанной РКД на 3-м канале ИБР-2. Изучение радиационной стойкости материалов на облучательной установке для радиационных исследований реактора ИБР-2.

Обеспечение бесперебойной работы систем и механизмов на всех спектрометрах реактора ИБР-2.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:
Разработка, создание и испытание нового 8-счётчикового модуля ПЧД на основе трубок с резистивной нитью. Разработка и создание новой аналоговой электроники для модуля. Разработка программного кода для прошивки FPGA диджитайзера в составе системы накопления данных.

Настройка и калибровка детекторной системы спектрометра СКАТ.

Завершение разработки детектора АСТРА-2М с 90-градусной геометрией для спектрометра ФСС с детекторной электроникой и электроникой сбора и накопления данных. Завершение сборки сцинтилляционных плоскостей и изготовление корпусов детектора. Монтаж и сборка элементов детектора. Разработка, изготовление и наладка детекторной электроники и электроники сбора и накопления данных.

Настройка аналоговой электроники и системы накопления данных для 132-канального детектора на основе ^{3}He счетчиков для спектрометра ДН-12, испытание системы накопления на нейтронном пучке.

Внедрение диджитайзеров в измерительные системы спектрометров ИБР-2 (ФСД, ФСС и ФДВР).

Развитие инфраструктуры для создания детекторов нейтронов.

Ввод в эксплуатацию новых измерительных устройств и контроллеров по заявкам ответственных за установки.

Обновление комплекса Sonix+ на основе Python версии 3.12 и внедрение на спектрометрах ИБР-2.

Организация совместной работы комплекса Sonix+ с программами DIDEN и Romana для управления детекторами на установках ФСД, ФДВР и ЮМО.

Подготовка новой версии программного обеспечения централизованного хранилища данных измерений. Подключение спектрометра ЮМО к хранилищу.

Развитие комплекса Sonix+ для подключения новых установок, DAQ контроллеров и устройств окружения образца по заданиям пользователей.

Подготовка и внедрение на спектрометрах ИБР-2 версии комплекса Sonix+, адаптированной для работы с данными в виде списка событий.

Постоянная и своевременная поддержка сегмента локальной сети ЛНФ и модернизация его в соответствии с планами ЛИТ, а также сопровождение ЦВК ЛНФ.

Разработка системы прецизионного (высокоточного) перемещения установки к реактору ИБР-2, изготовление автоматизированного хранилища радиоактивных образцов в соответствии с разработанной РКД. Изучение радиационной стойкости материалов на установке для радиационных исследований реактора ИБР-2.

Сотрудничество по проекту 1149-3

Страна или МО	Город, регион	Институт
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ
Венгрия	Будапешт, BUD	Wigner RCP
Египет	Каир, C	EAEA
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ

Страна или МО	Город, регион	Институт
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"
	Екатеринбург, SVE	ИФМ УрО РАН
	Казань, TA	КФУ
	Москва, MOW	НИЦ КИ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH
	Клуж-Напока, CJ	INCDTIM
		UBB
		UTC-N
	Тырговиште, DB	VUT
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
Чехия	Ржеж, ST	UJV
Швеция	Лунд, M	ESS ERIC

Наименование проекта	**Руководители проекта**	**Сроки реализации** **Статус**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	2021-2028
3. Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ	**Лычагин Е.В.** **Швецов В.Н.** **Булавин М.В.**	Реализация
ЛНФ	см. участников подпроектов	

Краткая аннотация и научное обоснование:
Согласно ст. 4 Устава ОИЯИ одной из основных областей исследований Института является физика конденсированного состояния вещества с использованием ядерно-физических методов. Основным инструментом данных исследований в институте являются выведенные нейтронные пучки от реактора ИБР-2М в ЛНФ.

Несмотря на бурное развитие в последние десятилетия различных экспериментальных методов изучения конденсированного состояния вещества, нейтроны остаются в ряде случаев безальтернативным инструментом благодаря своей высокой чувствительности к лёгким элементам, изотопному составу, чувствительности к магнитным полям и большой проникающей способности. В ЛНФ ОИЯИ накоплен колоссальный опыт использования выведенных нейтронных пучков на уникальных пульсирующих реакторах нескольких поколений: ИБР, ИБР-30, ИБР-2, ИБР-2М. Современный комплекс инструментов вокруг реактора ИБР-2М позволяет вести прикладные и фундаментальные исследования с использованием практически всех методик, основанных на рассеянии нейтронов. Данный комплекс и система доступа к нему в виде пользовательской программы являются центром притяжения большого числа исследователей из стран-участниц и стран-партнёров ОИЯИ.

Работающий сегодня в ОИЯИ основной источник нейтронов ИБР-2М является уникальной установкой, не имеющей аналогов в мире, создание которой является одним из ярчайших достижений ОИЯИ. Ожидаемый срок службы реактора (учитывая возможность замены топлива, продления лицензии) заканчивается в начале 40-х годов. Исходя из этого, актуальной задачей Института является разработка проекта перспективного источника нейтронов, который должен прийти на смену реактору ИБР-2М и может быть создан к середине 40-х годов.

Сегодня конкурентоспособность нейтронов как инструмента исследования во многом определяется необходимым временем для проведения измерения, точностью определения измеряемых параметров (как пространственных, так и энергетических), минимальными и максимальными размерами образцов, доступных для исследования. Эти возможности определяются как качеством самого источника нейтронов, так и качеством инструментов на пучках. Соответственно одним из основных параметров, определяющим перспективность источника является достижимый поток нейтронов на исследуемых образцах. Проект «Новый перспективный источник нейтронов ОИЯИ» нацелен на разработку такого перспективного источника. В рамках проекта должны быть определены тип и параметры источника, количество и тип замедлителей, схемы оптических систем извлечения нейтронов и перечень необходимых инструментов исходя из направлений перспективных исследований с нейтронами.

Работы по разработке нового перспективного источника нейтронов для ОИЯИ ведутся в ЛНФ с 2016 года. Учитывая тенденции развития высокоинтенсивных источников в мире, имеющуюся конъюнктуру и опыт ЛНФ, было принято решение о том, что новый источник ОИЯИ должен быть импульсным. Были рассмотрены различные варианты: источник на основе протонного ускорителя с неразмножающей мишенью, с размножающей мишенью и механической модуляцией коэффициента размножения (супербустер), различные варианты пульсирующего реактора.

В итоге в семилетний план перспективного развития ОИЯИ на 2024-2030 гг. были включены работы по созданию нового импульсного реактора НЕПТУН как подпроект проекта нового перспективного источника нейтронов ОИЯИ. Концепция импульсного быстрого реактора НЕПТУН с топливом на основе нитрида нептуния была выбрана по результатам выполненных работ в предыдущей семилетке и поддержана на 51-й сессии ПКК по ФТТ в январе 2020 года для дальнейшей проработки.

В 2025 году, исходя из полученных в процессе проектирования результатов, генеральному конструктору в лице АО "НИКИЭТ" было предложено разработать альтернативную концепцию импульсного реактора с высокими пользовательскими характеристиками, создание которого возможно в относительно короткий (15 лет) интервал времени.

В 2025-2026 гг. АО НИКИЭТ представил результаты по научно-исследовательской работе "Концептуальное предложение перспективного импульсного реактора периодического действия с топливом на основе диоксида плутония", которые свидетельствуют о том, что конструкция нового импульсного реактора, максимально аналогичная реактору ИБР-2М, не позволяет достичь значительного улучшения потребительских характеристик нейтронного источника. Дальнейшее повышение плотности потока нейтронов в данном варианте конструкции возможно за счет повышения мощности реактора и, следовательно, ограничено тепловой нагрузкой на твэлы.

На следующем этапе разработки концептуального предложения перспективного импульсного реактора периодического действия в 2026-2027 гг. АО НИКИЭТ совместно с ОИЯИ главным образом сосредоточатся на решении задач по разработке компоновки активной зоны, размещения рабочих органов СУЗ, отражателя, схемы размещения тепловых и холодных замедлителей, механических прерывателей нейтронного пучка, экспериментальных каналов в биологической защите; по выполнению нейтронно-физических и теплогидравлических оценок в обоснование принятых решений; по определению величины плотности потока тепловых нейтронов с внешней поверхности водяного замедлителя и сравнению ее с аналогично полученной величиной для реактора ИБР-2М.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Разработка научной программы и концепции приборной базы для проведения научных и прикладных исследований на новом источнике нейтронов.
Определение типа источника и его параметров.

Получение необходимых исходных данных для разработки эскизного проекта источника и проекта необходимой инфраструктуры

Оценка стоимости реализации проекта.

Выбор оптимальных материалов для использования в качестве криогенных замедлителей на новом источнике нейтронов. Выбор технологии для разработки комплекса криогенных замедлителей на новом источнике нейтронов в зависимости от выбора замедляющего материала.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ типов/вариантов источника для дальнейшего проектирования с учетом проработанных вариантов.

Сравнение эффективности различных водородсодержащих замедлителей при различной геометрии.

Выполнение НИР для разработки макета установки для реализации технологии изготовления твердых замороженных шариков из углеводородов для криогенных замедлителей нового перспективного источника нейтронов.

Предложение по расположению выведенных пучков источника и концепции приборной базы.

Разработка схемы верификации программных средств для импульсного реактора.

Наименование подпроекта	Руководители подпроекта	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
3.1. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обоснование разработки эскизного проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ – пульсирующего быстрого реактора НЕПТУН	**Лычагин Е.В.** **Швецов В.Н.** **Булавин М.В.**	2024-2028 Реализация

ЛНФ Авдеев М.В., Аксенов В.В., Балагуров А.М., Боднарчук В.И., Бокучава Г.Д., Булатов К.В., Вдовин Я.А., Верхоглядов А.Е., Виноградов А.В., Гроздов Д.С., Дикова Т.С., Зиньковская И., Кичанов С.Е., Козленко Д.П., Копач Ю.Н., Куклин А.И., Куликов С.А., Кучерка Н., Кушнир И.В., Перепелкин Е.Е., Подлесный М.М., Рогов А.Д., Франк А.И., Хассан А.А., Храмко К., Чепурченко Р.В., Шабалин Е.П.

Краткая аннотация и научное обоснование по подпроекту:

К основным этапам работ по созданию нового реактора относятся: обоснование конструкции нового источника нейтронов, разработка технических заданий для эскизного и инфраструктурного проектов, а также реализация программы НИОКР, включающей в себя расчетно-экспериментальное исследование динамики импульсных реакторов, оптимизацию конструкции основных систем реактора, разработку топлива и твэлов на его основе, оптимизацию конфигурации комплекса замедлителей, разработку макетов или специальных испытательных стендов (например, экспериментальный стенд или макет модулятора реактивности, макет экспериментального твэла, испытательный стенд криогенного замедлителя на основе мезитилена с системой быстрой смены рабочего материала и т.п.).

В соответствии с дорожной картой проекта НЕПТУН следующим крупным этапом после окончания стадий концептуального проектирования и выработки технического предложения является эскизный проект. Эскизный проект разрабатывают для определения принципиальных (конструктивных, схемных и др.) решений изделия, дающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве изделия. На основе эскизного проекта разрабатывается обоснование инвестиций, являющееся обязательным документом при разработке такой сложной установки как исследовательский реактор (постановление правительства РФ № 306 от 14.03.1997 г.).

На этапе эскизного проектирования производится разработка и выбор основных технических решений, проработка структурных и функциональных схем изделия, выбор основных конструктивных элементов и т.д. Как правило, на данном этапе рассматриваются один или два варианта реактора из числа признанных реализуемыми на этапе концептуального проектирования.

Выбор конкретного варианта компоновки активной зоны является важнейшим моментом и ключевой точкой всего проекта сооружения реактора НЕПТУН. Это связано с тем, что технические решения, закрепленные в эскизном проекте, далее на следующих этапах (технического проекта, изготовления рабочей конструкторской документации), будучи облечены в объемную конструкторскую документацию, могут быть изменены только с большим трудом. Поэтому уже перед этапом эскизного проектирования требуется тщательная проработка всех спорных и неоднозначных моментов, а также проведения НИОКР и расчетов (кинематические, электрические, тепловые и пр.), подтверждающих работоспособность и надежность изделия во всех заданных условиях эксплуатации.

Основной целью подпроекта является проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обоснование разработки эскизного проекта реактора НЕПТУН. К данным НИОКР относят: разработка нитрид-нептуниевого топлива и твэлов на его основе, исследование динамики пульсирующего реактора, оптимизация конструкции модулятора реактивности и корпуса реактора в части снижения тепловых нагрузок и формоизменения, разработка и выполнение перечня НИОКР в обоснование разработки эскизного проекта.

Выполненные совместно с АО "НИКИЭТ" работы с 2020 по 2023 годы представляют собой серьезную научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую проработку концепции реактора НЕПТУН, однако, возникшие вопросы, в первую очередь относительно определения мощностного порога устойчивости реактора, относительно компоновки активной зоны, технических решений в конструкции корпуса реактора и модулятора реактивности не позволяют пока перейти к стадии эскизного проектирования.

Результаты работ 2021-2024 гг. показали, что, во-первых, компоновка активной зоны сильнее влияет на порог устойчивости мощности пульсирующего реактора, чем считалось до сих пор, а во-вторых, объём НИР и ОКР, необходимых для реализации рассматриваемой концепции на основе нитрида нептуния, приводит к длительному

периоду создания нового реактора, существенно выходящему за рамки потенциального срока эксплуатации существующего реактора ИБР-2М (начало 40-х годов).

В связи с этим, в 2025 году усилия были сконцентрированы в первую очередь на изучении механизмов формирования мощностной обратной связи импульсных реакторов, развитии математических моделей, описывающих процессы, приводящие к колебаниям энергии импульсов, в том числе на основе опыта эксплуатации ИБР-2 и ИБР-2М.

Ожидаемые результаты по завершении подпроекта:
Создание компьютерной модели, описывающей явление колебательной неустойчивости пульсирующего реактора, включающая нейтронно-физические, теплогидравлические и термомеханические блоки расчётов.

Определение компоновки активной зоны реактора.

Обоснование технических решений по конструкции корпуса и модулятора реактивности, имеющие допустимые тепловую нагруженность и температурные деформации.

Определение перечня НИОКР, необходимых для обоснования конструкции модулятора реактивности, его составных частей и корпуса реактора.

Определение предельной мощности реактора с учетом допустимых флуктуаций и температурных деформаций его составных частей активной зоны, корпуса и модулятора.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:
Предложена концепция импульсного реактора периодического действия на основе плутониевого топлива, заданных потребительских характеристик (в соответствии с договором между ОИЯИ и НИКИЭТ). В случае удачного варианта концепции, должны быть начаты работы над соответствующим техническим предложением.

Оптимизация конфигурации стационарных отражателей вокруг замедлителей с целью повышения поверхностной яркости замедлителей с учетом ограничений на пространственное размещение многоканальных систем вывода нейтронов.

Оптимизация конструкции модулятора реактивности с целью достижения допустимых температурных полей и деформаций.

Определение оптимальной компоновки активной зоны реактора НЕПТУН с точки зрения колебательной устойчивости и технической реализуемости конструкции.

Сотрудничество по проекту 1149-4

Страна или МО	Город, регион	Институт
Аргентина	Барилоче, RN	CAB CNEA
Венгрия	Будапешт, BUD	Wigner RCP
Германия	Юлих, NRW	FZJ Helmholtz
МАГАТЭ	Вена, AT	МАГАТЭ
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Москва, MOW	ВНИИНМ РОСАТОМ
		НИКИЭТ РОСАТОМ
	Обнинск, KLU	ФЭИ РОСАТОМ
	Снежинск, CHE	РФЯЦ-ВНИИТФ
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
Франция	Гренобль, ARA	ILL
Швеция	Лунд, M	ESS ERIC

Теоретическая физика (01)

01-3-1135-2019

Фундаментальные взаимодействия полей и частиц

Руководители темы: Казаков Д.И.
Теряев О.В.

Участвующие страны и международные организации:
Беларусь, Болгария, Великобритания, Вьетнам, Германия, Индия, Иран, Испания, Италия, Канада, Китай, Польша, Португалия, Россия, Сербия, Словакия, США, Франция, Хорватия, Чили, Швеция.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Основными актуальными проблемами современной теории фундаментальных взаимодействий являются развитие методов квантовой теории поля, их применение к описанию физики элементарных частиц в рамках Стандартной модели и за ее пределами, теоретическая поддержка современных и планируемых экспериментов. Усилия в рамках Стандартной модели будут фокусироваться на развитии методов многопетлевых расчетов и их применению к процессам на Большом адроном коллайдере, развитии новых подходов к физике адронов, включая физику тяжелых кварков. В физике за пределами Стандартной модели особенно интересны поиск темной материи, проявлений суперсимметрии и других возможных феноменов новой физики. Теоретическая поддержка поиска новой физики в ускорительных экспериментах будет сочетаться с исследованиями и анализом астрофизических данных. Развитие физики нейтрино, включая теоретико-полевое описание нейтринных осцилляций и процессов нейтрино-нуклонных взаимодействий с ядерной материей, в частности в связи с экспериментами на Байкальском нейтринном телескопе, будет оставаться объектом постоянного внимания. Особое внимание будет уделяться теоретической поддержке ключевых элементов экспериментальной программы ОИЯИ. Используя методы КХД, различные подходы к описанию структуры адронов и кварк-глюонной материи будут развиваться и применяться в конкретных условиях экспериментов на комплексе NICA.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели	Казаков Д.И. Бедняков А.В.	01-3-1135-1-2024/2028
2.	КХД и структура адронов	Аникин И.В. Михайлов С.В. Теряев О.В.	01-3-1135-2-2024/2028
3.	Феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика	Коробов В.И. Иванов М.А.	01-3-1135-3-2024/2028
4.	Теория адронной материи при экстремальных условиях	Брагута В.В. Коломейцев Е.Е. Неделько С.Н.	01-3-1135-4-2024/2028
5.	Теория электрослабых взаимодействий и физика нейтрино	Арбузов А.Б. Наумов В.А.	01-3-1135-5-2024/2028

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**Квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели**	**Казаков Д.И.** **Бедняков А.В.**	2024-2028

ЛТФ Баушев А.Н., Борлаков А.Т., Волкова Д.А., Головин А.Г., Грамотков Н.А., Дас Ч.Р., Евдокимов Д.А., Козлов Г.А., Котиков А.В., Мухаева А.И., Нестеренко А.В., Онищенко А.И., Савина М.В., Соловцова О.П., Толкачев Д.М., Треногин А.В., Филиппов В.А., Яхиббаев Р.М.

ЛИТ Шматов С.В.

ЛФВЭ Алексахин В.А., Шайхатденов Б.Г.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Квантовая теория поля (КТП) является общепризнанным «языком», который используется для описания свойств элементарных частиц и их взаимодействий. Хорошо известно, что триумф Стандартной модели (СМ) физики частиц был бы невозможен без сравнения экспериментальных данных, полученных на таких ускорителях как LEP (CERN), HERA (DESY), Tevatron (Fermilab) и LHC (CERN), с высокоточными расчетами, выполненными методами КТП. С момента построения СМ прошло уже не одно десятилетие, и все эти годы не прекращались поиски Новой физики за ее пределами. Очевидным аргументом для таких поисков является проблема темной материи во Вселенной. Основными целями Проекта являются развитие квантовополевого формализма калибровочных и суперсимметричных теорий, а также построение и исследование моделей физики частиц вне рамок Стандартной модели. В рамках Проекта предполагается использовать имеющийся опыт и новые идеи для исследования широкого спектра вопросов, связанных как с расчетами высокоточных наблюдаемых в рамках и за пределами теории возмущений, так и с возможной природой Новой физики. Также особое внимание будет уделено проблемам, возникающим на стыке физики частиц, астрофизики и космологии.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Улучшенная оценка вклада от адронной поляризации вакуума в аномальный магнитный момент мюона.

Анализ формы вкладов высших твистов в глубоконеупругое рассеяние с учетом пересуммирования больших пороговых логарифмов.

Расчет двухпетлевых диаграмм, возникающих в рамках нерелятивисткой КХД с помощью метода эффективных масс и проверка полноты базиса эллиптических полилогарифмов.

Разработка нового специализированного компьютерного пакета для эпсилон-разложения обобщенных гипергеометрических функций одной и более переменных, индексы которых зависят от параметра размерной регуляризации, а также для численного расчета возникающих при этом функций.

Явное аналитическое вычисление ряда многоточечных мастер-интегралов с помощью дифференциальных уравнений.

Вычисление двухпетлевых вкладов в рассеяние электрона на мюоне, а также в рождение кваркониев.

Расчет двойной спектральной плотности, возникающей в задаче правил сумм для B-анти B смешивания — важнейшей экспериментальной величины, накладывающей строгие ограничения на возможную Новую физику.

Вычисление трехпетлевых массивных формфакторов, а также трехпетлевого массивного поляризационного оператора в КХД.

Расчет многопетлевых амплитуд и формфакторов с большим количеством кинематических инвариантов в теориях с расширенной суперсимметрией.

Вывод систематических решений уравнений квантовой спектральной кривой для случая максимально суперсимметричной теории Янга-Миллса в 4-х измерениях и теории ABJM в 3-х измерениях как в пределе слабой, так и в пределе сильной связи.

Расчет спектров, корреляционных функций и амплитуд в ряде шестимерных моделей типа «фишнет».

Применение метода разложения по большим зарядам к калибровочным теориям и анализ следствий полученных результатов как в физике частиц, так и в теории конденсированного состояния.

Исследование схемной зависимости предложенной ранее самосогласованной процедуры вычитаний для неперенормируемых теорий.

Расчет эффективных потенциалов для ряда теорий с модифицированной гравитацией и применение их для анализа различных моделей инфляции.

Исследование теории и феноменологии скалярных и векторных бозонных звезд.

Детальный космологический и астрофизический анализ свойств первичных черных дыр и их связи с проблемой темной материи и наблюдаемыми сверхмассивными черными дырами.

Анализ перспектив экспериментального обнаружения следствий дополнительных абелевых калибровочных симметрий и расширенного хиггсовского сектора в ряде моделей Новой физики. Анализ так называемых суперслабых обобщений СМ.

Физический анализ данных LHC с целью обнаружения проявлений «темного сектора» в событиях, в которых рождается либо бозон Хигсса, либо Z-бозон и сопровождающихся значительной долей потерянной «поперечной» энергии, предположительно уносимой частицей-переносчиком, распадающимся в конечном итоге на частицы темной материи; ожидается получение указаний (при счастливом стечении обстоятельств — открытие) на сигналы новой физики, либо, в отсутствие таких указаний, установка новых уникальных ограничений на модельное пространство параметров для рассмотренных вариантов ТМ и хиггсовского сектора.

Разработка нового (с использованием нейронных сетей, для глобального скана), а также развитие и оптимизация существующего программного обеспечения для моделирования физических процессов за рамками СМ.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Вычисление обновлённого значения вклада адронной функции поляризации вакуума в аномальный магнитный момент мюона в рамках дисперсионно-улучшенной теории возмущений.

Вывод явных аналитических выражений для вкладов в аномальные магнитные моменты заряженных лептонов, связанных с поляризацией вакуума n одинаковыми лептонными петлями в высоких порядках разложения по электрическому заряду.

Изучение монодромии гипергеометрических функций многих переменных с использованием представления Меллина-Барнса, скрученных когомологий и D-модулей.

Аналитическое вычисление спектральной плотности 3-петлевого массивного фотонного поляризационного оператора в КХД.

Анализ формы вкладов высших твистов в глубоконеупругое рассеяние с учетом пересуммирования больших пороговых логарифмов в первых четырех порядках теории возмущений.

Расчет многопетлевых диаграмм типа sunset во всех порядках теории возмущений с помощью метода эффективных масс.

Пертурбативный расчет лидирующих по n вкладов в аномальные размерности класса нейтральных операторов вида $(\varphi^2)^n$ в скалярных четырехмерных моделях.

Восьмипетлевой ренормгрупповой расчет в скалярной φ^6 теории.

Исследование низкоэнергетического эффективного действия суперсимметричных моделей, в том числе и неперенормируемых, в различных измерениях.

Вычисление радиационных поправок для суперсимметричного обобщения модели четырёхфермионного взаимодействия.

Расчеты многопетлевых аномальных киральных вкладов в эффективный потенциал в рамках суперполевого формализма в некоторых суперсимметричных калибровочных моделях.

Распространение разработанного метода суммирования ультрафиолетовых расходимостей на эффективные теории гравитации с целью анализа высокоэнергетического поведения гравитационных амплитуд и изучения их связи с программами асимптотической безопасности.

Применение метода линеаризации ренормгурппового уравнения в перенормируемых моделях физики элементарных частиц.

Проведение сравнительного контрастного анализа рождения гипотетического псевдоскалярного A-бозона Хиггса и рождения псевдоскалярного связанного состояния топ кварка и анти-топ кварка, «топония», на пороге рождения двух топ кварков с учетом данных БАК 2025-2026 гг.

Феноменологический анализ проявлений темной материи в расширениях СМ с аксионоподобными частицами.

Фиксация схемы перенормировки в следующих за лидирующими квантовых поправках к произвольному эффективному потенциалу в инфляционных космологических моделях.

Исследование свойств космологических возмущений и выяснение вопроса о том, могли ли возмущения темной материи в эпоху реионизации Вселенной коллапсировать с образованием сверхмассивных черных дыр.

Вывод формулы для профиля плотности центральной части космологического войда, анализ распределения войдов в пространстве параметров и сопоставление теоретических предсказаний с результатами численных симуляций.

Исследование многоканальных сигналов от ярких и тёмных “сирен” с целью разрешения проблемы постоянной Хаббла.

Построение эффективной модели темной энергии, содержащей динамические скалярные степени свободы, которые могут играть роль квинтэссенции, одного из кандидатов для темной энергии.

Анализ влияния темной энергии на поле скоростей ближних галактик в случае, если темная энергия является квинтэссенцией, т.е., ее плотность непостоянна. Сравнение полученных результатов с наблюдениями.

Исследование космологических компактных объектов и процесса формирования неоднородностей в современной инфляционной Вселенной, возникающих в моделях с топологическими дефектами – струноподобными трубками.

2. КХД и структура адронов **Аникин И.В.** 2024-2028
Михайлов С.В.
Теряев О.В.

ЛТФ Аникин Ю.А., Бытьев В.В., Волчанский Н.И., Голоскоков С.В., Грозин А.Г., Жевлаков А.С., Захаров В.И., Катаев А.Л., Красников Н.В., Оганесян А.Г., Пивоваров А.А., Прохоров Г.Ю., Сазонов А.А., Салеев В.А., Селюгин О.В., Силенко А.Я., Струзик-Котлож Д., Хакимов Р.В., Шохонов Д.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В отсутствии полного теоретического понимания конфайнмента цвета единственным методом применения КХД является факторизация пертурбативной и непертурбативной динамики. Традиционный систематический способ описания непертурбативной динамики состоит в том, чтобы параметризовать эту область в терминах матричных элементов кварковых и глюонных операторов между адронными состояниями, генерирующих GPD, DA, TMD и т. д. Эти матричные элементы должны быть либо извлечены из эксперимента, либо определены на решетке. Во многих феноменологических приложениях они обычно моделируются в рамках различных непертурбативных методов или моделей. Основной целью проекта является разработка всестороннего теоретического подхода для изучения многомерной партонной структуры адронов путем объединения различных моделей, основанных на теореме факторизации и отталкивающихся от первых принципов КХД.

В течение многих лет теоретические и экспериментальные исследования структуры нуклонов ограничивались одномерными описаниями вдоль выделенного направления светового конуса. В рамках этой одномерной картины кварковая и глюонная структура адронов описывается функциями распределения партонов (PDF), которые зависят от продольного импульса партона внутри адрона.

В последнее десятилетие были предприняты огромные усилия, направленные на то, чтобы выйти за рамки этого одномерного описания нуклона. Недавние улучшения в экспериментальных установках, такие как повышенная светимость и степень поляризации электронного луча, разрешение и покрытие детектора, а также усовершенствованные теоретические вычислительные схемы, такие как расчет поправок на излучение и мощность для дополнительных наборов наблюдаемых, обеспечивают прорыв в исследовании многомерного партонного состава нуклона, который также называют адронной томографией. В этом отношении многомерные функции распределения партонов, функции распределения, зависящие от поперечного импульса (TMD), или обобщенные функции распределения партонов (GPD), стали ключевыми объектами как экспериментальных, так и теоретических исследований.

С появлением коллайдеров нового поколения, электронно-ионный коллайдер (EIC) в США, Большой адронный электронный коллайдер (LHeC) в CERN, теоретические усовершенствования функций распределения являются обязательными для точного сравнения с экспериментальными данными. Исходя из этой потребности, основная цель предлагаемого проекта состоит в том, чтобы разработать всестороннюю теоретическую основу для изучения многомерной партонной структуры адронов путем объединения различных подходов, начиная с первых принципов КХД.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Построение трехпетлевых двухточечных фейнмановских мастер-интегралов (с произвольными степенями пропагаторов и составными вершинами) в виде гипергеометрических рядов и исследование их аналитических свойств.

Вычисление $\alpha^2_s(\alpha_s\beta_0)^{n-1}$ и $\alpha^3_s\beta_1(\alpha_s\beta_0)^{n-2}$ вкладов в несинглетное ядро эволюции ЕРБЛ и коррелятор двух векторных композитных токов кварков КХД.

Вычисление электромагнитного формфактора пиона в рамках подхода правил сумм на световом конусе в области низкоэнергетических (Q~1ГэВ) и умеренных передач.

Пересчёт амплитуд распределения лидирующих твистов (АР) для (псевдо)скалярных и продольно/поперечно поляризованных векторных мезонов в правилах сумм КХД с учётом радиационных поправок в порядках $O(\alpha^2_s)$ ко всем компонентам этих правил сумм.

Построение полной дифференциальной системы для Фейнмановского интеграла на основе интегрального представления Меллина-Барнса.

Исследование процессов распада тау-лептона и процессов электрон-позитронной аннигиляции в мезоны, в том числе с тремя псевдоскалярными мезонами в конечном состоянии.

Исследования внутренней структуры и природы взаимодействия мезонов при низких энергиях с использованием модели Намбу–Иона-Лазинио.

Исследование структурных адронных функции процесса Дрелла-Яна в рамках пертурбативной КХД в порядке α^2_s по константе связи. Проверка тождеств Лама-Тунга в α^2_s порядке по константе связи.

Исследование темного аксионного портала, получение ограничений из экспериментов на фиксированной мишени. Анализ новой физики, в частности, на эксперименте NA64. Изучение видимой моды аксиона или темного фотона.

Исследования правил сумм для функций фрагментации адронов в КХД с использованием метода обобщенных усеченных моментов Меллина.

Аналитическая и численная оптимизация пертурбативных рядов для наблюдаемых используя ренормализационную группу в КХД.

Изучение аномальных транспортных явлений в релятивистской квантовой среде, связанных с искривлением пространства-времени.

Исследование влияния на величину полных сечений вкладов адронного потенциала на больших расстояниях, определяющих новые особенности амплитуды рассеяния при малых передачах импульса. Определение энергетической зависимости и кроссинг-свойства аномальных членов в амплитуду протон-протонного и протон антипротонного рассеяния при энергиях коллайдера NICA.

Исследование новых партонных распределений с существенными поперечными импульсами в рамках подхода, где были обнаружены новые вклады в обратном преобразовании Радона.

Исследование фазовых диаграмм SU(2) хиггсовского сектора электрослабой теории. Изучение Z(N) симметрийных и термодинамических свойств метастабильных состояний при высоких температурах в рамках стандартной модели.

Развитие компьютерной рабочей среды для анализа данных от CMS.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследование распадов тау-лептона и процессов электрон-позитронной аннигиляции с тремя мезонами в конечном состоянии.

Изучение лепторождения тяжелых мезонов в рамках обобщенных партонных распределений.

Исследования заряженных правил сумм для функций фрагментации адронов в КХД.

Исследование инклюзивного рождения адронов в столкновениях протонов и тяжелых ионов в кинематической области коллайдера NICA.

Исследование эксклюзивного рождения массивных векторных мезонов в факторизационном КХД подходе.

Исследование аналитической и численной оптимизации пертурбативных рядов для наблюдаемых используя ренормализационную группу в КХД.
Исследование аксионного и векторного портала между Стандартной моделью и темным сектором, получение ограничений из экспериментов на фиксированной мишени.

Исследование возможности существования ранее неизвестных фазовых переходов в релятивистской жидкости из элементарных частиц в области сверхнизких температур и экстремально высоких ускорений и завихрённостей.

Оценка вкладов тензорного померона в спиральные амплитуды нуклон-нуклонного рассеяния в зависимости от энергии. Количественное описание всех имеющихся экспериментальных данных по сечениям и спин-корреляционным параметрам в упругом NN рассеянии при энергиях от sqrt(s)= 5 ГэВ до sqrt(s)= 14 ТэВ.

Изучение вклада эффектов, индуцированных эффективным однопетлевым действием КЭД Гейзенберга-Эйлера, а также его обобщением на КХД, в транспортные коэффициенты эффектов переноса (CME, CSE, CESE, CMW, CEW, CVE) в столкновениях тяжелых ионов.

Теоретическое обоснование рождения частиц с орбитальными угловыми моментами в сильных взаимодействиях при столкновении тяжелых ионов.

Исследование диссипативных транспортных явлений в неинерциальных системах. Вычисление сдвиговой и объёмной вязкости в ускоренных и/или вращающихся системах для безмассовых и массивных полей с различными спинами и при различных температурах и поиск возможных отклонений от мембранной парадигмы и теории струн. Анализ связи диссипативных транспортных коэффициентов с конформной квантовой аномалией.

Исследование Т-четных структурных адронных функции для процесса Дрелла-Яна.

Исследование векторного и аксионно-подобного порталов между Стандартной моделью и темным сектором, получение ограничений из экспериментов на фиксированной мишени.

Вычисление электрического дипольного момента барионов.

Расчет дифференциального сечения процесса упругого рассеяния электрона на протоне в произвольной системе отсчета в случае, когда все частицы, участвующие в процессе, поляризованы, при этом масса электронов учтена точным образом.

Построение ε-зависимого преобразования кратных дзета-значений весов 16 и менее, максимально исключающего члены, содержащие степени числа π из четырехпетлевых мастер-интегралов двухточечных функций. Предказания для рациональных коэффициентов трансцендентных членов, содержащих π множитель, в генераторах ренорм-группы для широкого класса теорий поля в высоких (а в некоторых случаях — произвольных) порядках теории возмущений.

Исследование динамических эффектов возникновения масс фермионов в (2+1)-мерной КХД в лидирующем порядке приближения большого числа кварков.

Построение трехпетлевых двухточечных безмассовых фейнмановских мастер-интегралов (с составными вершинами и произвольными степенями пропагаторов) в виде гипергеометрических рядов и исследование их аналитических свойств.

Вычисление несинглетного ядра эволюции Ефремова — Радюшкина — Бродского — Лепажа и коррелятора двух векторных составных токов кварков КХД в порядках $\alpha^2_s(\alpha_s\beta_0)^{n-1}$ и $\alpha^3_s\beta_1(\alpha_s\beta_0)^{n-2}$ (α_s и β_n константа связи и (n+1)-петлевой коэффициент α_s-разложения бета-функции КХД соответственно).

Построение метода вычислений высоких порядков ε-разложения некоторых возникающих в феноменологии КХД классов гипергеометрических функций нескольких переменных.

Вычисление средствами ресургентного анализа новых непертурбативных вкладов в функцию Адлера КХД в сублидирующем порядке разложения по большому числу кварковых ароматов.

Исследование эксклюзивого рождения J/Ψ мезонов вблизи порога с целью извлечения глюонного D-члена.

3.	**Феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика**	**Коробов В.И.** **Иванов М.А.**	2024-2028

ЛТФ Азнабаев Д., Гуржав Г., Исадыков А.Н., Мелихов Д.И., Суровцев Ю.С., Тюлемисов Ж., Тюлемисова А.

ЛНФ Бекбаев А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В рамках проекта предполагается развивать низкоэнергетические эффективные теории поля: нерелятивистскую квантовую электродинамику (NRQED) и ковариантную кварковую модель адронов (Covariant Confined Quark Model, CCQM).

Стандартная модель физики элементарных частиц, сформулированная около 50 лет назад, составляет основу нашего понимания фундаментальных взаимодействий. За это время была проведена значительная теоретическая работа над совершенствованием техники расчетов и повышением точности предсказаний в СМ. Эффективная теория поля (EFT) — это квантовая теория поля, которая не является фундаментальной, но действительна в ограниченном диапазоне энергий или расстояний. Это позволяет успешно использовать EFT и методы ренормализационной группы для расчета реальных физических величин и процессов, наблюдаемых в эксперименте, с высокой точностью. Подход EFT обеспечивает не только систематический подход к анализу экспериментальных результатов, но и является ценным инструментом для определения корреляции различных наблюдаемых, что дает более глубокое понимание того, где искать возможные индикаторы новой физики за пределами СМ.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Исследование возможности использования комбинированного подхода в NRQED, когда часть вкладов в энергию связанной системы считается в рамках КЭД, как полная сумма по всем слагаемым по степеням параметра связи электрона $v/c \sim Z\alpha$.

Включение в общую схему NRQED новых членов, которые позволят учитывать вклады рассеяния света на свете, нетривиальные диаграммы-многоножки для одно- и двухпетлевых диаграмм собственной энергии, необходимые для вычисления поправок порядка $m\alpha^7$-$m\alpha^8$ и выше.

Исследование спектров атомов пионного (π^-−He+) и каонного (K^-−He+) гелия с целью уточнения массы пиона и каона. Ожидаемая относительная точность в измерении масс $\sim 10^{-8}$.

Исследование возможности нарушения лептонной универсальности в лептонных распадах чармония и боттомония и их радиальных возбуждений в рамках CCQM.

Получение ограничений на значения величин коэффициентов Вильсона операторов эффективной теории стандартной модели (SMEFT), ответственных за нарушение лептонной универсальности в тауонном секторе.

Вычисление парциальных ширин сильных и электромагнитых распадов векторных D-мезонов с открытым чармом.

Рассчёт матричных элементов и ширин нелептонных двухчастичных распадов очарованных барионов без изменения чарма.

Анализ сильных распадов чармония-подобного состояния Y(4230) с целью исследования природы его структуры.

Выполнить теоретический анализ лептонных распадов B-мезона с четырьмя лептонами в конечном состоянии.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ расходимостей, возникающих в задаче на связанные состояния в NRQED, регуляризация расходимостей и рецепты вычитания расходящейся части для вычисления конечных релятивистских поправок в порядках $m(Z\alpha)^6$ и $m(Z\alpha)^6(m/M)$.

Получение приближения вклада двухпетлевой диаграммы собственной энергии эффективным оператором взаимодействия для вычисления поправок порядка $m\alpha^2(Z\alpha)^6$ и выше.

Получение улучшенных значений для отношения протона к электрону и константы Ридберга с относительной точностью $\sim 10^{-12}$ из сравнения теории и эксперимента по спектроскопии H_2^+.

Детальное исследование распада векторного D-мезона в D-мезон и пару электрон-позитрон в рамках CCQM в связи с недавно обнаруженной в экспериментах по электрон-позитроным ядерным переходам (коллаборация ATOMKI) и независимом эксперименте по измерению Далитц-распада векторного D-мезона (коллаборация BESIII) аномалией, которая может указывать на существование легкого векторного мезона с массой в районе 17 МэВ.

В свете исследования 4-кварковой структуры недавно открытого $X2(4014)$ мезона, рассматриваемого как партнера со спином 2 для известного $X(3872)$ мезона, планируется вычислить его ширины распада в J/Ψ-мезон и легкие $\rho(\omega)$ мезоны.

Вычисление вклада диаграмм, описывающих перерассеяния в конечном состоянии в распаде $B_s \to D^0+\varphi$, с использованием метода Куткоского. Вычисление необходимых формфакторов сильных двухчастичных распадов в модели CCQM.

Вычисление вкладов нормальных и аномальных порогов с помощью дисперсионных методов и сравнение с результатами численных вычислений.

Расчёт однопетлевых КХД-поправок в радиационных лептонных распадах B-мезонов в произвольной кинематике конечных состояний.

4.	**Теория адронной материи при экстремальных условиях**	**Брагута В.В.** **Коломейцев Е.Е.** **Неделько С.Н.**	2024-2028

ЛТФ Бордаг М., Воронин В.Э., Воскресенский Д.Н., Дей Дж., Иванов Ю.Б., Нгуен Хоанг Ву, Никольский А.В., Роенко А.А., Снигирёв А.М., Сычев Д.А., Хасегава М., Хворостухин А.С., Хо Е., Цегельник Н.С.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Современные ускорители тяжелых ионов позволяют исследовать свойства сильных взаимодействий элементарных частиц, которые описываются квантовой хромодинамикой (КХД) под воздействием экстремальных внешних условий. В частности, ожидается, что кварк-глюонная материя, которая создается в таких экспериментах, имеет температуру в несколько сотен МэВ, барионный химический потенциал примерно 100 МэВ, внешнее магнитное поле $eB \sim 1$ ГэВ^2 и релятивистское вращение с угловой скоростью ~ 10 МэВ. Такие условия существенным образом меняют свойства КХД. В представленном проекте планируется выполнить изучение свойств КХД в экстремальных условиях с помощью решеточного моделирования и другими методами. В частности, планируется изучить воздействие ненулевой барионной плотности, высокой температуры, значительного внешнего магнитного поля, релятивистского вращения и др.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
В представленном проекте планируется провести изучение свойств КХД при ненулевой барионной плотности, ненулевой температуре и ненулевом магнитном поле с помощью решеточного моделирования с мнимым химическим потенциалом, динамическими u-, d-, и s-кварками и физической массе π-мезона. Для проведения такого исследования будет использована написанная нашей группой программа, которая реализует передовые суперкомпьютерные технологии и алгоритмы.

Ожидается, что кварк-глюонная материя, которая рождается в процессе соударения тяжелых ионов, не только сильно нагрета, испытывает воздействие сильного магнитного поля, но и имеет ненулевую угловую скорость вращения. Поэтому для интерпретации результатов экспериментов по соударению тяжелых ионов важной теоретической задачей является изучение свойств вращающейся кварк-глюонной материи. В представленном проекте планируется впервые провести изучение свойств вращающейся кварк-глюонной материи в рамках решеточного моделирования.

Одной из целей проекта является определение новых ограничений на уравнение состояния ядерной и адронной материи в экстремальных условиях, существующих в столкновениях тяжелых ионов и центрах компактных звезд. Для этого разрабатывается описание равновесных и не равновесных сильно взаимодействующих систем. Такие наблюдаемые, как рождение странных и очарованных частиц, направленный и эллиптический потоки, глобальная спиновая поляризация гиперонов и их взаимные корреляции будут проанализированы в рамках транспортного и гидродинамического подходов и сопоставлены с существующими и будущими экспериментальными данными. Различные источники возникновения спиновой поляризации частиц, такие как локальная завихренность среды, аксиальный вихревой эффект и электромагнитное поле, будут количественно сопоставлены, и будет выяснена их роль в формировании наблюдаемого поляризационного сигнала.

Теоретически будет исследована возможность термодинамического описания образования легких фрагментов и гиперядер в столкновениях тяжелых ионов в рамках гидродинамического подхода. Уравнения вязкой гидродинамики с учетом внутренних спиновых и вращательных степеней свободы будут выведены и исследованы с точки зрения эффективной теории поля. Будут классифицированы и изучены возможные фазовые превращения в неравновесной и равновесной ядерной материи под действием сжатия, нагрева, магнитного поля и вращения. Новые ограничения на уравнение состояния холодного ядерного вещества могут быть получены из описания масс, радиусов и кривых остывания нейтронных звезд.

Амплитуды элементарного рассеяния адронов и соответствующие им дифференциальные сечения являются важными компонентами транспортных моделей. Будет разработано многоканальное описание мезон-барионного рассеяния в рамках обобщенного потенциального подхода, основанного на киральном SU(3)-лагранжиане с параметрами, подогнанными с использованием данных из симуляций КХД на решетке и экспериментальных данных по адронному рассеянию.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ различных наблюдаемых, связанных с рождением φ-мезонов в столкновениях тяжелых ионов, и исследование их чувствительности к фазовому переходу в КГП.

Изучение скалярных и векторных бозонов при вращении, в магнитном и электрическом полях и в присутствии ядерного вещества.

Описание резонансного состояния адронного вещества при высокой температуре.

Решеточное моделирование вращающейся КХД с учетом u и d кварков и изучение влияния вращения на фазовые переходы в КХД.

5.	**Теория электрослабых взаимодействий и физика нейтрино**	**Арбузов А.Б.** **Наумов В.А.**	2024-2028

ЛТФ Ахмедов А., Быстрицкий Ю.М., Возная У.Е., Волков М.К., Герасимов С.Б., Дворников М.С., Дека М., Долгов А.Д., Захаров А.Ф., Зыкунов В.А., Какорин И.Д., Кузнецов Д.А., Кузьмин К.С., Никитенко А.А., Николаев Н.Н., Нурлан К., Осипов А.А., Раджив Н., Шкирманов Д.С., Шмидт В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Стандартная модель физики элементарных частиц является наиболее успешной теорией фундаментальных взаимодействий. Несмотря на многочисленные эксперименты по ее верификации и глубокое теоретическое изучение ее свойств, в этой модели остаётся много проблем, требующих своего решения. Наличие таких проблем заставляет нас считать, что Стандартная модель является лишь эффективной теорией, т. е. низкоэнергетическим приближением более фундаментальной физической теории. Для поиска новых физических явлений необходимо иметь высокоточные предсказания, полученные в рамках Стандартной модели. В рамках проекта планируется получать такие предсказания для условий существующих и будущих экспериментов на коллайдерах, включая LHC, FCCee, CEPC, ILC. Вычисления будут проводиться с целью осуществления прецизионной верификации Стандартной Модели (СМ) и поиска границ применимости последней.

Нейтрино являются уникальным источником информации о физике вне рамок Стандартной модели. В частности, надёжно наблюдаемые переходы между различными типами нейтрино (нейтринными флейворами) указывают на нарушение сохранения электронного, мюонного и таонного квантовых чисел, имеющегося в СМ с безмассовыми нейтрино.

Проект посвящен исследованию физических процессов с участием нейтрино, включающих элементарные эксклюзивные взаимодействия нейтрино с нуклонами и ядрами, перенос нейтрино в веществе с учетом когерентных и неупругих взаимодействий, изучению астрофизических и космологических эффектов, нейтрино сверхвысоких энергий в космических лучах, проявлений нейтринных осцилляций в первичном нуклеосинтезе, в экстремальных астрофизических условиях (в частности, в окрестности астрофизических черных дыр), а так же в ускорительных и реакторных экспериментах. В частности, будет рассмотрена гипотеза о возможном существовании стерильного нейтрино, его роли в нуклеосинтезе и формировании крупномасштабной структуры Вселенной. Предполагается также изучение нового механизма рождения нейтрино сверхвысоких энергий, вплоть до 10^{21} эВ (UHECR) в моделях модифицированной гравитации в пространстве высших измерений. Исследования, проводимые в рамках данного проекта позволят получить ограничения на модели компактных объектов, на свойства частиц (например на массу гравитона), а также на альтернативные теории гравитации, предложенные в последнее время.

В последние годы получены надежные свидетельства ассоциации нейтрино высоких энергии с блазарами, которые скорее всего являются сверхмассивными черными дырами, и построение согласованных моделей этих явлений также является крайне важным и своевременным. Будут исследованы космологические и астрофизические явления, предсказываемые в моделях модифицированной гравитации. В первую очередь, будут рассмотрены скалярно-тензорные модели гравитации и изучены проявления квантово-полевых эффектов, предсказываемых в этих моделях.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Усовершенствование основных феноменологических моделей электромагнитных форм факторов нуклонов в пространственно-подобной и времени-подобной областях по q^2 на основе глобального статистического анализа данных по упругому рассеянию электронов на водороде и дейтерии. Реализация моделей в виде программных модулей нейтринного генератора GENIE. Приложение результатов к расчетам сечений квазиупругого взаимодействия нейтрино с ядрами в моделях с бегущей аксиальной массой (M_A^{run}) и SuSAM*.

Усовершенствование суперскейлинговой модели SuSAM* с модифицированной скейлинговой функцией на основе глобального статистического анализа данных по квазиупругому рассеянию электронов на различных ядерных мишенях (от водорода до урана). Имплементация модели в генератор GENIE. Предсказания импульсного распределения нуклонов в ядре в рамках суперскейлингового подхода.

Усовершенствование РК модели резонансного нейтринорождения пионов с исправленными вкладами в полную амплитуду на основе глобального статистического анализа данных по рождению одиночных пионов во взаимодействиях (анти)нейтрино с водородом и дейтерием. Имплементация модели в генератор GENIE.

Разработка метода решения квантовых кинетических уравнений, описывающих перенос массивных нейтрино высоких энергий в гетерогенных (астрофизических) средах с учетом смешивания нейтрино (включая смешивание с гипотетическими стерильными состояниями), их когерентных и неупругих взаимодействий с веществом. Приложение теории к расчёту прохождения сквозь Солнце нейтрино, генерируемых космическими лучами в солнечной атмосфере (предсказание тлетворного состава, энергетических и угловых распределений).

Оценка соответствующего фона в экспериментах по детектированию нейтрино, образующихся при аннигиляции частиц темной материи, гравитационно связанных в Солнце.

Изучение вклада нейтрино сверхвысоких энергий, возникающих в многомерной модификации гравитации, и сравнение теоретических ожиданий с наблюдениями на детекторах Baikal-GVD и IceCube.

Вычисление электрослабых радиационных поправок к процессам электрон-позитронной аннигиляции, которые планируется изучать на будущих коллайдерах, включая FCCee, CEPC и Супер Чарм-Тау Фабрику. Создание компьютерных программ, которые могут быть непосредственно использованы для симулирования и анализа данных экспериментов на этих коллайдерах.

Применение метода партонных распределений, развитого в КХД, для описания электродинамических поправок к процессам, изучаемых в современных и будущих экспериментах в области физики высоких энергий.

Построение высокоточных теоретических предсказаний для процессов Баба-рассеяния на малые и большие углы, используемых для мониторинга светимости на электрон-позитронных коллайдерах.

Анализ полулептонных многочастичных мод распада тау-лептонов с учетом возбужденных состояний мезонов в промежуточных состояниях. Построение согласованной схемы описания таких распадов и создание компьютерной программы для симуляции таких процессов.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Расчет поляризационных наблюдаемых процесса Бете-Гайтлера и процесса рождения электрона и электрон-позитронной пары для получения поляризованного позитронного пучка.

Вычисление сечений процессов рождения барионов со спином 3/2 в электрон-позитронной аннигиляции с учетом возбужденных состояние чармониев.

Вычисление спиновой асимметрии в процессах рождениях псевдоскалярных мезонов и бозонов в протон-протонных столкновениях в условиях эксперимента STAR.

Описание процессов электрон-позитронной аннигиляции в мезоны при энергиях до 2 ГэВ с использованием расширенной модели Намбу-Иона-Лазинио.

Изучение эффектов нарушения изоспиновой симметрии в аномальных электромагнитных взаимодействиях псевдоскалярных мезонов.

Изучение роли поверхностных членов в амплитудах аномальных процессов: обобщение формализма на случай неравных кварковых масс в однопетлевых кварковых диаграммах.

Решение уранений эволюции Балицкого-Фадина-Кураева-Липатова в КЭД и их применение к описанию асимптотик электродинамических процессов.

Вычисление радиационных поправок высших порядков к процессам квази-упругого рассеяния нейтрино на нуклонах.

Уточнение феноменологических моделей саксовских формфакторов нуклона с учётом вкладов двухфотонного обмена и анализ влияния найденных поправок на измеряемые характеристики тау-лептонов в квазиупругих взаимодействиях нейтрино и антинейтрино с нуклонами и ядрами.

Расчёты импульсных распределений вторичных частиц, возникающих в распадах частично поляризованных тау-лептонов, генерируемых в квазиупругих взаимодействиях нейтрино и антинейтрино с ядрами в околопороговой области.

Окончательная настройка моделей КЛН-БС и МК, описывающих резонансное рождение одиночных пионов при взаимодействиях нейтрино и антинейтрино с протонами и нейтронами и сравнение результатов с предсказаниями конкрирующих моделей (в частности, с моделью динамических связанных каналов, ДСК).

Разработка концепции нарушенного суперскейлинга в квазиупругих взаимодействиях электронов с ядрами, заключающейся во введении зависимости скейлинговой функции от дополнительной импульсной переменной, и настройка модели с использованием доступных ускорительных данных по упругим и неупругим взаимодействиям электронов с ядрами.

Получение новых точных аналитических уравнений состояния идеальных равновесных релятивистских газов частиц и античастиц в рамках стандартных квантовых статистик и парастатистики, установление универсальных соотношений между разными представлениями и определение областей сходимости их степенных разложений.

Получение свойств сверхтекучей фазы нейтринных кластеров методами температурной квантовой теории поля с использованием численного моделирования и применение полученных результатов для решения проблемы распространенности космологического лития.

Установление ограничений на массу гравитона в рамках некоторых моделей модифицированной гравитации, вычисление её влияния на космологическую эволюцию и сопоставление полученных теоретических значений с наблюдательными данными.

Определение влияния параметров смешивания и массы гипотетического стерильного нейтрино на кинетику первичного нуклеосинтеза, оценка измененной распространенности легких элементов и получение новых космологических ограничений на существование стерильных нейтрино.

Расчет вероятности и темпа конверсии гравитонов в фотоны в первичном магнитном поле ранней Вселенной, оценка вклада этого процесса в генерацию реликтового электромагнитного излучения и определение потенциальных наблюдательных следствий для спектра космического микроволнового фона или стохастического фона гравитационных волн.

Разработка механизмов динамического подавления вакуумной энергии, вычисление эффективной космологической константы в рамках моделей модифицированной гравитации с массивным гравитоном и установление взаимосвязи между масштабом массы гравитона и наблюдаемым ускоренным расширением Вселенной.

Расчет механизмов генерации зарядовой асимметрии Вселенной за счет процессов асимметричного захвата и квантового испарения первичных черных дыр (ПЧД), а также определение взаимосвязи между спектром масс ПЧД и наблюдаемым избытком видимой материи.

Вывод квантового мастер-уравнения из уравнения фон Неймана для скалярного поля в пространстве де Ситтера, исследование перехода к стохастическому режиму Старобинского через аппарат функций Вигнера и вычисление квантовых поправок к уравнению Фоккера–Планка.

Получение новых ограничений на массу гравитона и параметры потенциала Юкавы по траекториям ярких звезд у Галактического Центра, а также моделирование теней для голых сингулярностей, кротовых нор и распределений темной материи.

Сотрудничество по теме 1135

Страна или МО	Город, регион	Институт
Беларусь	Гомель, НО	ГГТУ
		ГГУ
	Минск, MI	ИФ НАНБ
		ОИЭЯИ-Сосны
Болгария	София, SOF	INRNE BAS

Страна или МО	Город, регион	Институт
Великобритания	Ливерпуль, MSY	UOL
	Лондон, LND	IMPERIAL
Вьетнам	Ханой, HN	IOP VAST
	Хошимин, SG	VNUHCM
Германия	Гамбург, HH	UHH
	Дюссельдорф, NRW	HHU
	Регенсбург, BY	UR
	Тюбинген, BW	Ун-т
	Цойтен, BB	PITZ DESY
Индия	Калькутта, WB	IACS
	Сунабеда, OD	CUO
	Эттимадаи, TN	Amrita Univ.
Иран	Тегеран, THR	IPM
		UT
Испания	Гранада, AN	UGR
Италия	Болонья, BO	UniBo
	Неаполь, NA	INFN Naples
Канада	Корнер-Брук, NL	MUN
Китай	Гуанчжоу, GD	SYSU
	Ланьчжоу, GS	IMP CAS
	Пекин, BJ	IHEP CAS
	Хайкоу, HI	HNU
Польша	Катовице, SL	US
	Краков, MA	IFJ PAN
	Отвоцк-Сверк, MZ	NCBJ
Португалия	Коимбра, COI	UC
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"
	Иркутск, IRK	ИГУ
		ИДСТУ СО РАН
	Москва, MOW	ИНАСАН
		ИТЭФ
		НИИЯФ МГУ
	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН
		НГУ
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
	Черноголовка, MOS	ИТФ РАН
Сербия	Белград, BG	AOB
		VINCA
Словакия	Братислава, BL	CU
		IP SAS

Страна или МО	Город, регион	Институт
США	Уэйко, TX	BU
Франция	Жив-сюр-Иветт, IDF	Irfu
	Париж, IDF	ENS
		IHP
Хорватия	Загреб, ZAG	RBI
Чили	Арика, AP	UTA
	Сантьяго, RM	UNAB CTEPP
Швеция	Стокгольм, AB	KTH

01-3-1136-2019

Теория ядерных систем

Руководители темы: Антоненко Н.В.
Джиоев А.А.
Ершов С.Н.

Участвующие страны и международные организации:
Алжир, Армения, Беларусь, Бельгия, Болгария, Бразилия, Великобритания, Венгрия, Вьетнам, Германия, Греция, Египет, Индия, Иран, Испания, Италия, Казахстан, Китай, Литва, Мексика, Норвегия, Польша, Республика Корея, Россия, Румыния, Сербия, Словакия, США, Узбекистан, Франция, Чехия, Швеция, ЮАР, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
В рамках темы предполагается исследование и решение актуальных проблем физики ядра, систем малого числа тел, релятивистской ядерной физики, ядерной астрофизики и нелинейных квантовых процессов. Исследования будут скоординированы с программами работ на экспериментальных установках, использующих высокоинтенсивные пучки стабильных и/или радиоактивных ядер прежде всего в ОИЯИ (SHE-фабрика, ACCULINA-2), но также и в мире (FAIR, ISOL установки, SPES, SPIRAL2, FRIB, RAON, HIAF, iThemba LABS, ELI-NP). Исследования столкновений тяжелых ионов высоких энергий и явления цветовой прозрачности будут связаны с проектом NICA. Планируются широкомасштабные исследования структуры экзотических ядер, динамики ядерных реакций, свойств и способов получения сверхтяжелых ядер. Задача состоит в том, чтобы включить в динамику ядро-ядерного взаимодействия диссипацию и диффузию и сохранить сущность квантовой многочастичной природы сталкивающихся ядер. Изучение систем с малым числом частиц необходимо также с целью описания резонансных процессов в ядерной физике и физике высоких энергий. Представляют интерес исследования нелинейных квантовых процессов в очень сильных поляризованных электромагнитных полях, которые достигаются в коротких высокочастотных лазерных импульсах.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики	Джиоев А.А.	01-3-1136-1-2024/2028
2.	Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем	Ершов С.Н. Адамян Г.Г.	01-3-1136-2-2024/2028
3.	Квантовые системы нескольких частиц	Мотовилов А.К. Мележик В.С.	01-3-1136-3-2024/2028
4.	Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы	Бондаренко С.Г. Ларионов А.Б.	01-3-1136-4-2024/2028

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики**	**Джиоев А.А.**	2024-2028
ЛТФ	Арсеньев Н.Н., Бальбуцев Е Б., Борзов И.Н., Вдовин А.И., Вишневский П.И., Ганев Х.Г., Косарев М.С., Кузьмин В.А., Малов Л.А., Мардыбан М.А., Молодцова И.В., Нестеренко В.О., Северюхин А.П., Смольянников Д.Ю., Стратан Г.		

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект посвящен решению фундаментальной задачи современной ядерной физики – разработке и совершенствованию самосогласованного микроскопического подхода к описанию структуры основного и возбужденных состояний экзотических и сверхтяжелых атомных ядер, а также предсказанию их распадных свойств. Такой подход необходим, с одной стороны, для составления научной программы современных ускорителей тяжелых ионов (SHE-Factory в ОИЯИ, SPIRAL2 в GANIL, FAIR в GSI, RIBF в RIKEN) и интерпретации получаемых на них результатов.

С другой стороны, потребность в надежных теоретических ядерных данных актуальна и для моделирования различных астрофизических процессов.

Используемый в рамках Проекта самосогласованный микроскопический подход к описанию основных и возбужденных ядерных состояний основан на объединении метода функционала плотности энергии (ФПЭ) и квазичастично-фононной модели ядра (КФМЯ). Метод ФПЭ хорошо зарекомендовал себя в глобальных расчётах ядерных характеристик и в использовании полученных на его основе данных в астрофизическом моделировании. Использование связи простых и сложных конфигураций в рамках КФМЯ на сегодняшний день является практически единственным способом позволяющим выйти за рамка гармонического приближения с использованием большого конфигурационного пространства не нарушая принцип Паули.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Экстраполяция формы и параметров ФПЭ за пределы долины стабильности. Особое внимание будет уделено изовекторным свойствам, играющим решающую роль в ядрах с большой нейтрон-протонной асимметрией.

С использованием единого набора параметров ФПЭ будет проведено исследование влияния взаимодействия простых и сложных конфигураций на свойства зарядово-нейтральных и зарядово-обменных ядерных возбуждений с учетом их резонансной структуры, а также на распадные характеристики ядер на границе стабильности.

Разработанные самосогласованные методы ФПЭ будут применяться к изучению бета-распада в контексте астрофизического r-процесса и слабых ядерных реакций с нагретыми ядрами в различных астрофизических сценариях (взрывы сверхновых, звездный нуклеосинтез и образование нейтрино).

Предсказание альфа-спектров сверхтяжелых ядер для планирования будущих экспериментов. Изучение альфа-распадов из изомерных состояний, а также деления из этих состояний.

С целью изучения конкуренции различных мод радиоактивного распада сверхтяжелых ядер для них будут осуществлены расчёты времён жизни относительно захвата орбитальных электронов и β^+ распада с учетом вклада переходов первого порядка запрета и влияния ядерной деформации.

Изучение эволюции магических чисел в зависимости от соотношения нейтронов и протонов в ядре и предсказание новых ядер с замкнутыми (под)оболочками вблизи границ протонной и нейтронной стабильности.

Выяснение роли тензорного взаимодействия в описании фрагментации гамов-теллеровского резонанса и бета-распада экзотических ядер.

Исследование взаимодействия нейтрино с веществом, важного для различных астрофизических явлений: взрывы сверхновых, слияние нейтронных звезд и т.д. Выяснение роли неупругого рассеяния нейтрино на ядрах и магнитного поля в процессе термализации нейтрино.

Проведение расчётов радиусов распределения заряда и материи для длинных изотопических цепочек, включая деформированные ядра. Теоретический анализ изотопического поведения радиусов и наблюдаемых аномалий.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Изучение роли фонон-фононного взаимодействия в структуре изомерного состояния ^{90}Zr.

Изучение сечений фотопоглощения на сферических ядрах в широком энергетическом интервале.

Изучение спин-флиппового M1 гигантского резонанса в рамках метода оментов функции Вигнера.

Изучение переходных плотностей 1^- спин-дипольных возбуждений четно-четных ядер.

Развитие и применение микроскопической оболочечной версии моделей типа частица-ротор для описания нечетных ядер.

Расчет полных и парциальных скоростей захвата мюонов чётными изотопами селена и бария.

Оценка влияния инверсии нейтронных одночастичных уровней с N>126 на зарядовые радиусы и скорости бета распада ядер в области 3-го пика r-процесса.

Исследование возможных проявлений E1 тороидального резонанса в реакции (e,e'g).

Анализ взаимосвязи пигми и тороидального E1 возбуждений в изотопах кальция.
Изучение протон-нейтронного спаривания в нагретых ядрах.

2. Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем — **Ершов С.Н.**, **Адамян Г.Г.** — 2024-2028

ЛТФ Алпомишев Э.Х., Андреев А.В., Антоненко Н.В., Бажин А.С., Безбах А.Н., Джолос Р.В., Каландаров Ш.А., Мардыбан Е.В., Моисеев Н.С., Мухаммадсолиев А.Б., Назмитдинов Р.Г., Насиров А.К., Нгуен Д.Т., Отахонов Ф.О., Пашка Х., Рахматинежад А., Рогов И.С., Саргсян В.В., Сейф Х.В.М., Симоненко И.О., Шнейдман Т.М.

ЛИТ Буша Я., Никонов Э.Г.

ЛЯР Ажибеков А., Исаев А, Иссатаев Т., Мендибаев К., Пятков Ю.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Цель проекта – изучение важных динамических ядерных процессов, таких как слияние, квазиделение, многонуклонные передачи, захват и развал. Исследования околопороговых эффектов требуют единого описания ядерной структуры и реакций. Приоритетом будет разработка кластерных моделей, которые позволят по новому взглянуть на особенности структуры ядер в возбужденных состояниях. Планируется дальнейшее развитие полностью квантовой модели распада слабосвязанных ядер. Микроскопические транспортные коэффициенты и ядро-ядерный потенциал будут использованы в модели двойной ядерной системы для описания динамики слияния ядер.

Следует детально изучить влияние среды на скорость астрофизических реакций. Это требует дальнейшего развития теории открытых квантовых систем. Необходимо рассмотреть низкоэнергетические дипольные возбуждения, предположительно играющие заметную роль в звездном нуклеосинтезе.

Изучение ядерных свойств в зависимости от энергии возбуждения необходимо для выявления эффектов, выходящих за рамки описания среднего поля. В нагретых ядрах поверхность потенциальной энергии изменяется таким образом, что высота барьера деления для сверхтяжелых ядер уменьшается. Поэтому изучение затухания оболочечных эффектов с ростом энергии возбуждения важно для оценки стабильности возбужденных тяжелых ядер.

Изучение образования сверхтяжелых соединений с Z=119 и 120 в реакциях слияния должно быть продолжено на основе микроскопического рассмотрения. Будут также рассмотрены особенности квазиделения, конкурирующего с полным слиянием. Рассчитанные распределения по массе и TKE продуктов квазиделения планируется сравнить с распределениями продуктов деления. Новые изотопы тяжелых ядер, которые невозможно получить в реакциях полного слияния, могут быть получены в реакциях передачи. Поэтому необходимо улучшение теоретического анализа этих реакций, включение передачи кластеров при описании механизма реакций. Должно быть продолжено изучение образования новых изотопов сверхтяжелых ядер в каналах испарения заряженных частиц, чтобы найти наиболее подходящие реакции для будущих экспериментов.

Преимуществом кластерного подхода является одновременное описание α-распада и спонтанного деления из основного состояния как четно-четных, так и четно-нечетных ядер с одним и тем же набором параметров. В этом же подходе следует изучить деление из изомерных состояний и вынужденное деление. В случае успешного описания экспериментальных данных можно будет по-новому взглянуть на процесс деления.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Создание новых теоретических подходов и моделей для описания и предсказания свойств нестабильных ядер и экзотических ядерных систем, их применение в астрофизических задачах.

Объяснение механизмов реакций ядер с частицами и ядрами в широком диапазоне энергий.

Уточнение границ протонной и нейтронной стабильности ядер. Поиск замкнутой протонной оболочки после Pb. Разработка метода определения оптимальных реакций для получения определенного изотопа.
Исследование динамики слияния и деления. Определение наблюдаемых для разделения каналов слияния и деления.

Исследование влияния окружающей среды на астрофизические реакции.

Изучение изменения структуры ядра в зависимости от температуры и углового момента; роли кластерных степеней свободы в ядерных возбуждениях; свойств сверхтяжелых ядер.

Исследование свойств нестабильных ядерных систем, возможности многонейтронного радиоактивного распада.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследование свойств низколежащих состояний ^{229}Th.

Исследование влияния флуктуаций среднего поля ядра на эффективные одночастичные энергии ядер, мягких относительно деформации.

Расчет сечений образования новых сверхтяжелых ядер с использованием модели двойной ядерной системы и предсказаний ядерных свойств в рамках макроскопическо-микроскопической и самосогласованной релятивисткой моделей.

Изучение кластеризации в процессе ядерного деления и их роли в формировании различных мод деления.

Исследование двойного и тройного деления тяжелых и сверхтяжелых ядер в рамках модели двойной ядерной системы.

Исследование роли деформаций высоких порядков на образование и распад тройних систем в рамках микро-макроскопического подхода.

Исследование возможности синтеза сверхтяжелых ядер с Z=119 и Z=120 в реакциях полного слияния в рамках модели двойной ядерной системы.

Развитие кластерной модели деления на основе модели двойной ядерной системы.

Рассчет основных наблюдаемых характеристик спонтанного деления для сверхтяжёлых ядер от Sg до Fl с учётом эволюции двойной ядерной системы от стадии, непосредственно следующей за преодолением барьера деления, до точки разрыва.

Анализ возникновения асимметричной моды деления в области сверхтяжёлых ядер и её влияние на множественность мгновенных нейтронов.

Исследование квантовых корреляций между угловыми моментами осколков деления в рамках модели двойной ядерной системы, а также влияние зеркально-асимметричных и неаксиальных деформаций фрагментов ДЯС в точке разрыва на степень и характер
корреляций между спинами осколков.

Вычисление потенциалов взаимодействия средних по массе ядер в формализме расширенного приближения Томаса-Ферми с поправками к кинетической энергии и их сечений полного слияния в рамках расширенного квантового диффузионного подхода.

Описание низколежащих состояний в средних и тяжёлых ядрах и вероятностей переходов между ними в рамках коллективной квадрупольной модели ядра.

Определение спектроскопических факторов альфа-частиц и вкладов альфа-кластерных состояний в квадрупольный моменты в рамках кластерного подхода для ядер от свинца до сильно деформированных тяжелых актинидов.

3.	**Квантовые системы нескольких частиц**	**Мотовилов А.К.** **Мележик В.С.**	2024-2028

ЛТФ Борников К.А., Валиолда Д., Виницкий С.И., Грудько Д.С., Егоров М.В., Илиаш М., Коваль Е.А., Колганова Е.А., Кондратьев В.Н., Кременецкий М.В., Малых А.В., Мухаметкалиулы А., Попов Ю.В., Ракитянский С.А., Сен Д., Соловьев Е.А., Селищев П.А., Шалапинин Д.И., Юшанхай В.Ю.

ЛЯП Картавцев О.И.

ЛИТ Гусев А.А., Сюракшина Л.А., Чулуунбаатар О.

ЛФВЭ Коробицин А.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен на изучение свойств систем, состоящих из небольшого набора конституентов ядерной, субъядерной или атомно-молекулярной природы. Малость числа конституентов в системе позволяет создавать и использовать математически строгие, точные и последовательные подходы к ее исследованию, не требующие дальнейших упрощающих физических предположений и приближений. Целью проекта является разработка и совершенствование методов численного решения малочастичных задач в ядерной, атомной и молекулярной физике, а также в астрофизике. На основе разработанных подходов и методов в рамках проекта будут проводиться численные расчеты различных конкретных малочастичных систем.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Разработка и развитие подходов и методов теории малочастичных систем, разрешение некоторых всё еще остающихся в этой теории математических вопросов и проблем. Внесение вклада в развитие ефимовской физики – установление новых универсальных закономерностей в поведении ультрахолодных малочастичных систем, включая системы нескольких частиц на решетке. Численные расчеты свойств ультрахолодных трехатомных систем в ефимовских и предъефимовских состояниях на основе уравнений Фаддеева. Теоретическое исследование нестационарных систем и, в частности, изучение малочастичных систем в переменных внешних полях. Анализ задач на связанные состояния и процессов рассеяния в малоразмерных системах нескольких частиц. Развитие динамической адиабатической теории и теории скрытых пересечений уровней потенциальной энергии. Приложение этих теорий к неупругим переходам в атом-атомных столкновениях.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследование адсорбции сверхтяжелых элементов на золотой поверхности.

Моделирование биовзаимодействия лекарственного препарата с клеточной мембраной.

Исследование магнитной поляризации спинов в тяжелых ядрах.

Исследование динамики волнового пакета вращательных состояний молекул типа симметричного волчка под действием терагерцового импульса.

Исследование m-фотонного резонансного механизма получения закрученных атомов и электронов с помощью циркулярно поляризованных лазерных импульсов с передачей им спиральности фотонов.

Исследование фешбаховских резонансов второго порядка в модели Фридрихса.

Комплексное экспериментальное и теоретическое исследование однократной ионизации внутренней второй орбитали атома аргона методом электронной импульсной спектроскопии при энергии падающего электрона несколько кэВ.

Использование искусственных нейронных сетей как способ аналитического продолжения функций Йоста в область комплексных энергий.

Создание феноменологической модели взаимосвязи роста слоя силицида хрома в бинарных пластинах кремний-хром с ростом оксида хрома на его свободной поверхности.

Расчёт эффекта полного отражения при упругом рассеянии электрона на двойном слое графена.

Разработка схем метода конечных элементов для анализа ограниченных квантовых систем: атом или ион водорода в однородном магнитном поле.

4.	**Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы**	**Бондаренко С.Г.** **Ларионов А.Б.**	2024-2028

ЛТФ Каптарь Л.П., Лукьянов В.К., Парван А., Слаутин М.К., Титов А.И., Фризен А.В., Юрьев С.А.

ЛИТ Земляная Е.В., Калиновский Ю.Л., Лукьянов К.В., Хмелев А.В.

ЛФВЭ Апарин А.А., Недорезов Е.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Цель проекта – изучение универсальных закономерностей в релятивистских столкновениях тяжелых ионов, сопровождающихся рождением различных частиц; определение наиболее важных наблюдаемых для проверки уравнения состояния ядра; теоретическая поддержка экспериментов на комплексе NICA. Большая ядерная прозрачность по сравнению с предсказаниями глаубероподобных моделей может указывать на наличие цветовой прозрачности и требует внимательного рассмотрения. На основе обобщенного эйконального приближения будут рассчитаны ядерные прозрачности в *dd*-столкновениях, которые доступны на NICA SPD. Планируется исследовать трех/четырехнуклонные связанные (^{3}He,T,^{4}He) состояния и системы рассеяния (упругое протон-дейтронное рассеяние) в релятивистском формализме Бете-Солпитера-Фаддеева/Якубовского. Изучение свойств нагретой и сжатой ядерной материи при столкновении тяжелых ионов основано на модели Намбу-Иона-Лазинио с петлей Полякова.

Наши теоретические усилия направлены на решение следующих задач:
– улучшение транспортных подходов для описания динамики релятивистских столкновений тяжелых ионов;
– выявление наиболее важных наблюдаемых в релятивистских столкновениях тяжелых ионов для проверки уравнения состояния ядра;
– изучение времени эволюции быстро сталкивающихся систем к локальному изотропному состоянию в импульсном пространстве;
– изучение особенностей взаимодействия высокоэнергетических гамма-квантов с сильным лазерным полем;
– рассмотрение релятивистских эффектов в малонуклонных системах.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Развитие теоретических моделей и методов в теории нелинейных квантовых процессов взаимодействия заряженных частиц с интенсивными электромагнитными полями. При этом кроме зависимости наблюдаемых от интенсивности поля планируется исследование поляризационных эффектов, планируется исследование роли формы и несущей (carrierphase) фазы импульса.

Расширение релятивистского рассмотрения трехнуклонных (^{3}He,T) систем в формализме уравнения Бете-Солпитера-Фаддеева с сепарабельным ядром взаимодействия на четырехнуклонные системы в формализме Якубовского (расчет энергии связи ^{4}He, электромагнитного формфактора системы). Исследование упругого протон-дейтронного рассеяния назад с использование релятивистского трехнуклоного уравнения Бете-Солпитера-Фаддеева с сепарабельным ядром взаимодействия (учет диаграмм перерассеяния нуклонов). Рассмотрение упругого электромагнитного форм фактора пиона с учетом аномального магнитного момента кварка в рамках ковариантого сепарабельного кварк-кваркого взаимодействия.

Изучение свойств нагретой и сжатой ядерной материи при столкновении тяжелых ионов. Особый интерес представляет изучение возможных фазовых переходов, возникающих в процессе охлаждения системы, а также проблемы нарушения CP-инвариантности в сильных взаимодействиях, что может быть следствием влияния киральной аномалии на топологическую структуру КХД вакуума при сильных магнитных полях, возникающих в процессе столкновения тяжелых ионов. Цель исследования – рассмотреть как сечение рассеяния меняется в зависимости от свойств среды. Изучение двухфотонных и Далиц-распадов легких мезонов в рамках модели НИЛ при конечных температуре и плотности. Спектр рождения дилептонных пар напрямую связан с различными промежуточными состояниями кварк-адронной материи, а его исследование может дать информацию о фазовых переходах.

Исследования явления цветовой прозрачности (ЦП), короткодействующих нуклон-нуклонных корреляций (КДК) и кумулятивного эффекта. Предсказания для планирующихся эксперименты по поиску ЦП на FAIR PANDA и NICA SPD. На основе обобщенного эйконального приближения (ОЭП) с учетом эффектов ЦП будут рассчитаны ядерные прозрачности в жестких процессах *d(d,2p)nn* и *A(p,2p)* с более тяжелыми ядерными мишенями (A>2) , для которых эффекты ЦП должны быть более сильными.

Разработка прочной теоретической базы для описания взаимодействия протона с КДК-парой в ядре с учетом ВНС/ ВКС. Нуклон-нуклонные КДК проявляются во взаимодействиях высокоэнергетических частиц с ядрами с достаточно большими передачами импульса (Q > 1 ГэВ).

Исследование влияния ядерной среды на такие фундаментальные характеристики элементарной NN-амплитуды, как полное сечение рассеяния нуклона на связанном нуклоне ядерной среды, зависимость отношения её реальной части к мнимой от энергии, а также параметра её наклона в зависимости от переданного импульса связанному в ядре нуклону.

Вычисление точных адронных распределений по поперечному импульсу и быстроте новыми методами в рамках статистики Цаллиса-1, Цаллиса-3 и q-дуальной статистики и их применение для описания экспериментальных данных для адронов, образованных в столкновениях тяжелых ионов и протонов с протонами при энергиях LHC, RHIC, NICA и FAIR. Обобщение квантово-статистической адроной модели с точно сохраняющейся странностью системы на случай точного сохранения барионного и электрического зарядов системы и нахождение рекуррентных уравнений для точного решения статистической суммы и средних по ансамблю. Использование этой модели для вычисления множественности идентифицированных адронов, образованных в столкновениях тяжелых ионов при энергиях LHC, RHIC, NICA и FAIR.

Исследование поведения духовых и глюонных пропагаторов при конечной температуре в подходе, основанном на уравнения Дайсона-Швингера в калибровке Ландау в приближении усеченной радуги. Планируется исследовать возможные фазовые переходы из связанного состояния глюбола в свободную глюонную плазму для проблемы фазовых переходов в кварк-глюонную плазму в горячей ядерной среде (в процессах в экспериментах на установке NICA).

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Развитие методов исследования влияния ядерной среды на фундаментальные характеристики нуклон-нуклонной амплитуды с использованием микроскопической модели оптического потенциала. Анализ параметров нуклон-нуклонной амплитуды для нуклонов, связанных в налетающем ядре и ядре-мишени, в широком диапазоне энергий и атомных масс сталкивающихся ядер.

Исследование поправок КЭД высокого порядка к лептонной аномалии g − 2. Аналитические расчеты вкладов более высоких порядков (вплоть до 12-го порядка), обусловленных пузырькообразными и смешанными типами лептонных петель в вакуумном операторе поляризации в рамках представления Меллина-Барнса.

Исследование поляризационных наблюдаемых для реакции pd→ppn и сопоставление с имеющимися экспериментальными данными по T 20 для кинематики с выходом кумулятивного протона.

Разработка монтекарловского генератора событий для реакций ^{12}C(p,ppn)^{10}B и ^{12}C(p,ppp)^{10}Be на основе трансляционно-инвариантной модели оболочек с целью его дальнейшего применения в анализе экспериментальных данных коллаборации SRC@JINR.

Расчёт коэффициента сдвиговой вязкости в транспортной модели для релятивистских соударений тяжёлых ионов с использованием неэкстенсивной статистики Цаллиса.

Разработка метода решения уравнения Бете-Солпитера для связанных сиситем и состояний рассеяния для произвольного несепарабельного (обменного) ядра взаимодействия. Применение полученного метода для решения неоднородного уравнения Бете-Солпитера-Фаддеева для описания рассеяния в системе 3-х частиц при средних и высоких энергиях. Расчет длины протон-дейтронного рассеяния со сравнением полученных результатов с нерелятивистским расчетом и экспериментальными данными.

Изучение массовых характеристик барионов при конечной температуре для описания динамики ядерной материи в столкновениях тяжелых ионов в рамках расширенной линейной сигма-модели с двумя, тремя и четырьмя ароматами кварков.

Расчет продольного сечения электророждения пионов на протоне с использованием электромагнитных полувнемассовых пионых и rho-pi-gamma форм факторов, расчитанных в формализме Бете-Солпитера с сепарабельным ядром.

Исследование нелинейных квантовых процессов при взаимодействии фотонов и заряженных частиц с интенсивными лазерными полями с учетом поляризации.

Расчет сечения и поляризационных характеристик реакции упругого протон-дейтронного рассеяния в ковариантном формализме Бете-Солпитера в приближение однонуклонного обмена.

Сотрудничество по теме 1136

Страна или МО	Город, регион	Институт
Алжир	Сетиф, QSF	UFAS1
Армения	Ереван, ER	ЕГУ

Страна или МО	Город, регион	Институт
		РАУ
Беларусь	Гомель, HO	ГГТУ
	Минск, MI	ИФ НАНБ
Бельгия	Брюссель, BRU	ULB
	Лувен-ля-Нёв, WBR	UCL
Болгария	София, SOF	INRNE BAS
		NBU
Бразилия	Нитерой, RJ	UFF
	Сан-Жозе-дус-Кампус, SP	ITA
	Сан-Паулу, SP	UEP
	Флорианополис, SC	UFSC
Великобритания	Гилфорд, SRY	Ун-т
Венгрия	Будапешт, BUD	Wigner RCP
	Дебрецен, DEB	ATOMKI
Вьетнам	Хошимин, SG	HCMUE
		IFAS DTU
Германия	Берлин, BE	HZB
	Билефельд, NRW	Ун-т
	Бонн, NRW	UniBonn
	Гамбург, HH	UHH
	Гисен, HE	JLU
	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz
		TU Darmstadt
	Дрезден, SN	HZDR
		TU Dresden
	Зиген, NRW	Ун-т
	Кёльн, NRW	Ун-т
	Лейпциг, SN	Ун-т
	Майнц, RP	JGU
	Росток, MV	Ун-т
	Франкфурт-на-Майне	GU
	Эрланген, BY	FAU
Греция	Афины, ATH	NCSR Demokritos
Египет	Гиза, GZ	CU
	Каир, C	FUE
Индия	Касарагод, KL	CUK
	Нью-Дели, DL	IUAC
	Чандигарх, CH	PU
Иран	Зенджан, JWN	IASBS
Испания	Пальма, IB	UIB
Италия	Катания, CT	INFN LNS
	Мессина, ME	UniMe

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Неаполь, NA	INFN Naples
	Турин, TO	UniTo
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
		КазНУ
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS
	Нанкин, JS	NUAA
	Пекин, BJ	CIAE
		ITP CAS
		PKU
	Шанхай, SH	SHNU
		SHU
		SJTU
Литва	Каунас, KUN	VMU
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM
Норвегия	Берген, BGO	UiB
	Осло, OSL	UiO
Польша	Варшава, MZ	UW
	Краков, MA	IFJ PAN
	Люблин, LU	UMCS
	Отвоцк-Сверк, MZ	NCBJ
Республика Корея	Сеул, SEL	SSU
		Yonsei Univ.
	Тэджон, DJN	IBS
	Чонджу, CHN	JBNU
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Москва, MOW	МГУ
		МИФИ
		НИИЯФ МГУ
		НИЦ КИ
		РУДН
	Омск, OMS	ОмГУ
	Санкт-Петербург, SPE	ВНИИМ
		ГУМРФ
		СПбГУ
	Саратов, SAR	СГУ
	Томск, TOM	ТПУ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
	Хабаровск, KHA	ТОГУ
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH
		UB

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Клуж-Напока, CJ	UBB
Сербия	Белград, BG	IPB
Словакия	Братислава, BL	CU
		IP SAS
США	Нотр-Дам, IN	ND
	Юниверсити-Парк, PA	Penn State
Узбекистан	Наманган, NG	НамИТИ
	Самарканд, SA	СамГУ
	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
		НИИПФ НУУз
		Физика-Солнце
Франция	Кан, PAC	GANIL
		UNICAEN
	Мец, GES	UL Metz
	Орсе, IDF	IJCLab
Чехия	Прага, PR	CU
Швеция	Гётеборг, O	Chalmers
	Лунд, M	LU
ЮАР	Йоханнесбург, GT	WITS
	Кейптаун, WC	iThemba LABS
	Претория, GT	UP
	Стелленбос, WC	SU
Япония	Кобе, UKB	Kobe Univ.
	Мориока, MMO	Iwate Univ.
	Осака, OSA	RCNP
		UOsaka
	Сендай, SDJ	IMRAM Tohoku

01-3-1137-2019

Теория сложных систем и перспективных материалов

Руководители темы: Осипов В.А.
Поволоцкий А.М.

Участвующие страны и международные организации:
Австралия, Армения, Беларусь, Болгария, Бразилия, Великобритания, Вьетнам, Германия, Египет, Индия, Иран, Казахстан, Канада, Китай, Монголия, Польша, Россия, Румыния, Сербия, Словакия, США, Финляндия, Франция, Швеция, ЮАР, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Важнейшими направлениями фундаментальных исследований будут теоретическое изучение физических явлений и процессов в конденсированных средах, исследование свойств новых перспективных материалов, построение и анализ теоретических моделей и развитие аналитических и вычислительных методов для их решения. Предполагается изучение сложных материалов, таких как высокотемпературные сверхпроводники, магнитные материалы, умные композитные материалы; фрактальных и слоистых структур, анализ широкого класса систем с сильными электронными корреляциями. Теоретические исследования в этой области будут направлены на поддержку экспериментального изучения этих материалов, проводимых в Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка ОИЯИ. Планируется проведение исследований в области физики наноструктур и наноматериалов, в том числе с использованием программных пакетов для моделирования физико-химических процессов и анализа физических характеристик. Это прежде всего современные двумерные материалы, такие как графен, дихалькогениды переходных металлов и т. п. с учетом их модификации и химической функционализации для последующего применения при проектировании новых устройств для наноэлектроники, спинтроники и т. п. Частично, данные исследования ориентированы на эксперименты, проводимые в Центре прикладной физики ЛЯР ОИЯИ, Центре нанобиофотоники ЛНФ ОИЯИ, Институте физики полупроводников СО РАН и ряде других лабораторий стран-участниц ОИЯИ. Будут детально исследованы физические свойства стеков джозефвсоновских контактов и различные джозефсоновские наноструктуры. Большое внимание будет уделено анализу как решетчатых, так и полевых моделей равновесных и неравновесных систем статистической механики. Концепции скейлинга и универсальности позволяют выйти за рамки чисто модельного подхода и применить полученные результаты к широким классам явлений, изучаемым в физике конденсированных сред. Предполагается изучение широкого спектра универсальных явлений в сложных системах – фазовых переходов в конденсированных средах и физике высоких энергий, скейлинга в (магнито) гидродинамической турбулентности, химических реакциях, перколяции и др. методами квантовой теории поля, включая функциональную ренормализационную группу.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Сложные материалы	Аницаш Е.М.	01-3-1137-1-2024/2028
2.	Математические модели статистической физики сложных систем	Поволоцкий А.М.	01-3-1137-2-2024/2028
3.	Наноструктуры и наноматериалы	Осипов В.А. Катков В.Л.	01-3-1137-3-2024/2028
4.	Методы квантовой теории поля в сложных системах	Гнатич М.	01-3-1137-4-2024/2028

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**Сложные материалы**	**Аницаш Е.М.**	2024-2028
ЛТФ	Боголюбов Н.Н., Владимиров А.А., Донков А.А., Максимов П.А., Хоанг Н.К., Черный А.Ю., Юкалов В.И., Юшанхай В.Ю.		
ЛНФ	Аксенов В.Л., Балагуров А.М., Дорошкевич А.С., Исламов А.Х., Козленко Д.П., Куклин А.И., Попов Е.П.		
ЛИТ	Сюракшина Л.А., Толочко Е., Хведелидзе А., Юкалова Е.П.		
ЛЯП	Величков А.И., Караиванов Д.В, Нгуен Ву Минь Чунг		

Краткая аннотация и научное обоснование:
В последнее время большой прогресс как в искусстве подготовки образцов, так и в методах измерения позволил получить множество высококачественных данных о термодинамических, транспортных, структурных и спектроскопических свойствах новых сложных материалов, проявляющих нетрадиционные формы магнетизма, давая указания на сильные электронные и магнитные корреляции, или обладающих фрактальными свойствами на нано- и микромасштабах. Эти материалы в настоящее время привлекают большое внимание для различных приложений, например, в квантовых вычислениях или при описании физических и химических свойств коллоидов, биологических систем, гранулированных материалов и т. д.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Оценка обменных параметров Китаевских материалов на основе переходных и редкоземельных металлов и расчет их спин-волнового спектра.

Магнитные фазовые диаграммы в сильно коррелированных электронных системах в рамках t-J модели электронного легирования.

Объяснение строения систем плотных случайных упаковок в нано- и микроматериалах.

Разработка и применение квантовых алгоритмов для вычислительных задач физики конденсированного состояния и квантовой химии.

Развитие теории устойчивости смесей квантовых жидкостей.

Понимание устойчивости к облучению различных соединении.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследование пространственных корреляций в плотных степенно-полидисперсных упаковках с использованием скейлинговых функций.

Исследование фазовых переходов в системах степенно-полидисперсных дисков.

Исследование перехода между массово- и поверхностно-фрактальными режимами малоуглового рассеяния в плотных системах степенно-полидисперсных дисков.

Изучение фазовой диаграммы ферромагнитной модели Китаева-Гейзенберга на решетке "пчелиные соты”.

Фазовая диаграмма антиферромагнетика на треугольной решетке с дальним взаимодействием и магнитным полем, рассчитанная с помощью метода теории минимально дополненных спиновых волн.

Моделирование кривой намагниченности и магнитных переходов в сверхвысоких полях в набокоите $KCu_7TeO_4(SO_4)_5Cl$ с решеткой квадратного кагоме.

Разработка теории когерентных мод в системах атомов в ловушках с неравновесными конденсатами Бозе-Эйнштейна.

Исследование допустимых режимов сложных систем, зависящих от времени и моделируемых динамическими вероятностными сетями.

Разработка методов описания нелинейных систем с сильным взаимодействием частиц.

Расчет квантового механизма переноса заряда в молекуле ДНК на основе уравнения Линдблада и методов тензорных сетей.

Применение тензорных сетей для оптимизации параметров моделей спиновых цепочек для высокоэффективной передачи квантовых состояний.

Вывод формул и доработка существующих вычислительных программ для моделирования квази-двумерных структур в экспериментах методами позитронной спектроскопии.

Взаимодействие между Ридберговскими экситонами в атомарно тонких полупроводниках.

2. Математические модели статистической физики сложных систем **Поволоцкий А.М.** 2024-2028

ЛТФ Папоян В.В., Пятов П.Н., Спиридонов В.П., Шитов Г.Ю.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Непертурбативные исследования крупномасштабных систем со многими взаимодействующими степенями свободы составляют важную часть современной теоретической физики, к которой в последнее десятилетие растет интерес исследователей. Последние достижения в этом направлении основаны на построении и исследовании точно решаемых моделей равновесной и неравновесной статистической физики, квантовой механики и связанных с ними квантовых теорий поля. С использованием концепций скейлинга и универсальности, результаты, полученные на основе точных решений, могут быть распространены на обширные классы физических явлений, далеко выходящих за рамки таких систем. Точная решаемость моделей физических систем обеспечивается их особой математической структурой, называемой интегрируемостью. Модели с такой структурой являются основным предметом исследований в рамках текущего проекта.

Проект направлен на дальнейшее исследование точно решаемых моделей статистической физики, квантовой механики и квантовых теорий поля, что потребует разработки новых теоретических инструментов, основанных на теории интегрируемых систем, и открытия новых математических структур, стоящих за точной решаемостью. Основными целями проекта являются получение точных результатов об универсальных законах во взаимодействующих системах частиц со стохастической динамикой и моделях случайного роста фронтов, моделях равновесной статистической физики, включая просачивание, полимеры и другие двумерные решеточные модели и квантовые спиновые цепочки, изучение известных и построение новых типов специальных функций, играющих роль строительных блоков в теории интегрируемых систем и вычислениях статистических сумм (суперконформных индексов), изучение известных и построение новых алгебраических структур, стоящих за концепцией интегрируемости.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Построение и полная классификация одномерных стохастических моделей взаимодействующих частиц, основанных на представлениях алгебр Гекке, и связанных с ними двумерных решетчатых моделей взаимодействующих путей, а также получение их точных решений с использованием методов марковской двойственности.

Вычисление точных плотностей кластеров и их асимптотических разложений в моделях просачивания, а также плотностей петель в связанных с ними моделями плотно упакованных петель на решетках с различными граничными условиями, построение асимптотических разложений термодинамических величин, характеризующих поведение на решетках конечного размера свободно-фермионных моделей, таких как димеры, модель Изинга и модели остовных деревьев с различной геометрией при различных граничных условиях. Также планируется изучение граничного поведения нелокальных корреляционных функций в моделях плотных полимеров и остовных деревьев, а также описание предельных форм и универсальных флуктуаций конфигураций полимеров в этих моделях.

Приложение изучавшихся моделей полимеров и квантовых спиновых цепей к задачам из смежных областей квантовой механики и биофизики. Среди них исследования «запутанных состояний» и магнитных свойств сложных квантовых спиновых систем, имеющих отношение к задачам квантовых вычислений, применение модели ротора-маршрутизатора (эйлеровых блужданий) для изучения динамики разрывов двухцепочечной ДНК.

Разработка математических структур, стоящих за интегрируемостью. В частности, дальнейшее изучение свойств эллиптических бета-интегралов и эллиптических гипергеометрических функций и их различных предельных форм, новые приложения этих функций к квантовой теории поля, квантовой и статистической механике и теории солитонов, построение сложных гипергеометрических функций на корневых системах в представлении Меллина-Барнса и изучение их связи с двумерными конформными теориями поля, нахождение обобщенных модулярных преобразований для эллиптических гипергеометрических интегралов и описание их следствий для суперконформных индексов (статистических сумм) четырехмерных суперсимметричных теорий поля.

Также планируются обобщения полученных результатов для случаев разреженных гипергеометрических функций различных типов и описание соответствующих физических систем, а также исследование связей между солитонными решениями интегрируемых уравнений, решетчатым кулоновским газом, нелокальными цепочками Изинга и ансамблями случайных матриц.

Построение и изучение новых алгебраических структур, лежащих в основе интегрируемости, и их использование для создания новых интегрируемых систем, которые могли бы быть полезны в различных приложениях. Обобщение теоремы Гамильтона-Кэли на случай квантовых матричных алгебр ортогонального типа и изучение подалгебры спектральных значений ортогональных квантовых матриц.

Построение аналога разложения Гаусса в алгебрах уравнений отражения, и развитие теории представлений этих алгебр.

Также планируется изучить серию R-матричных решений соотношения кос, которые позволяют моделировать стохастические реакционно-диффузионные процессы, и изучить возможность построения новых инвариантов зацеплений/узлов с использованием новой серии R-матриц.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Классификация стохастических вершинных моделей, обладающих полным набором марковских дуальностей, используемых для построения бесконечных иерархий многоточечных корреляционных функций, полностью описывающих соответствующие вероятностные меры на конфигурациях частиц. Исследование универсального предельного поведения этих мер в скейлинговом пределе.

Исследования магнитных свойств и энтропии запутанности в антиферромагнитных звездообразных гомометаллических и гетерометаллических четырех- и пятиядерных системах.

Применение модели ротора-маршрутизатора, также известной как эйлерово блуждание, для описания динамики восстановления разрывов двухцепочечных полимеров.

Развитие подхода Вершика-Окунькова в теории представлений алгебр, описывающих дискретные симметрии квантово-механических и статистических моделей. Применение подхода в классификации неприводимых представлений алгебр Бирмана-Мураками-Венцля.

Редукция N-частичной интегрируемой гиперболической модели Руджинарса к комплексным аналогам рациональной модели Руджинарса и гиперболической модели Сазерленда. Конструирование соответствующего Q-оператора Бакстера и собственных функций гамильтонианов.

Исследование уравнения Шредингера с потенциалом, связанного с третьей функцией Пенлеве, спектр которого определяется конформной алгеброй.

Получение асимптотик блочных матриц Теплица аналитически для расчета параметров порядка в модулированной квантовой цепочке.

Объяснение каскадов перколяционных переходов в моделях клеточных автоматов из анализа нулей Ли-Янга обобщенных статсумм неравновесных стационарных состояний и спектра трансфер-матриц.

3. Наноструктуры и наноматериалы **Осипов В.А.** 2024-2028
Катков В.Л.

ЛТФ Абдельгани М., Кешарпу К.К., Кочетов Е.А., Красавин С.Е., Куликов К.В., Мацко Н.Л., Рахмонов И.Р., Салем М.А.А.М., Соболев И.К., Сорокин П.Б., Шохонов Д.А., Шукринов Ю.М., Щелкачев Н.М.

ЛИТ Земляная Е.В., Сархадов И.

ЛНФ Арзуманян Г.М.

ЛЯР Скуратов В.А.

ЛРБ Бугай А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Планируется проведение исследований в области физики наноструктур и наноматериалов, в том числе с использованием программных пакетов для моделирования физико-химических процессов и анализа физических характеристик. Это прежде всего современные двумерные материалы, такие как графен, дихалькогениды переходных металлов и т. п. с учетом их модификации и химической функционализации для последующего применения при проектировании новых устройств для наноэлектроники, спинтроники и т. п. Частично, данные исследования ориентированы на эксперименты, проводимые в Центре прикладной физики ЛЯР ОИЯИ, Центре нанобиофотоники

ЛНФ ОИЯИ, Институте физики полупроводников СО РАН (Новосибирск) и ряде других лабораторий стран-участниц ОИЯИ. Планируется анализ топологической сверхпроводимости в сильнокоррелированных электронных системах с целью поиска возможных приложений для передачи и хранения квантовой информации. Будут детально исследованы физические свойства стеков джозефсоновских контактов и различные джозефсоновские наноструктуры.

Научная новизна и актуальность состоит в анализе широкого спектра физических характеристик новых материалов с целью выявления наиболее перспективных для разработки и создания устройств в области наноэлектроники, спинтроники, фотоники и т. п.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Проектом предусмотрено решение задач по следующим направлениям:
– с целью выявления материалов с перспективными свойствами для использования в качестве компонентной базы для электроники нового поколения планируется исследование теплового и электронного транспорта в низкоразмерных материалах различной конфигурации и химического состава. Будет проведен анализ роли функционализации, структурной модификации, влияния малослойности, поликристалличности, структурных дефектов и других факторов. Экспериментальные исследования проводятся в сотрудничестве с Учебно-научной технологической лабораторией «Графеновые нанотехнологии» СВФУ (синтез), Институтом физики полупроводников СО РАН (синтез, характеризация, фунционализация), ЛНФ ОИЯИ (характеризация, фунционализация, облучение) и ЛЯР ОИЯИ (ионное облучение для создания нанопор);

– анализ топологической сверхпроводимости в сильнокоррелированных электронных системах с целью поиска возможных приложений для передачи и хранения квантовой информации и для исследования нестандартного квантового транспорта, нечувствительного к локальным источникам шума;

– исследование динамических, транспортных и хаотических явлений в гибридных джозефсоновских наноструктурах с магнитными материалами для целей сверхпроводящей спинтроники. Моделирование квантовых явлений в джозефсоновских кубитах (элементы памяти);

– изучение свойств поляронов в материалах с пониженной размерностью и наноструктурированных объектах. Анализ плазмон-фононного взаимодействия и плазмонов в наноразмерных и массивных объектах.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Изучение фундаментальных проявлений электрон-фононного взаимодействия в различных функционализированных низкоразмерных и нано-структурах при расчете подвижности, проводимости и электронного спектра.

Исследование чувствительности и селективности сенсора на базе полевого транзистора с каналом из поликристаллического графена с анализом широкого набора конфигураций границ зёрен с различными углами разориентировки.

Расчет фазовой диаграммы модели SSH-Peierls и лестницы Крейтца с учетом межэлектронного взаимодействия во внешнем магнитном поле с использованием теории среднего поля и методов ренормгруппы матрицы плотности (DMRG). Расчет фазовой диаграммы модели Китаева-Гейзенберга на сотовой решетке, демонстрирующей спиральную спиновую структуру.

Анализ взаимного влияния сверхпроводимости и магнетизма в джозефсоновской структуре сверхпроводник-ферромагнетик-сверхпроводник (СФС), включая случай шунтирования. Расчет устойчивых динамических состояний и вольт-амперной характеристики в структуре СФС на топологическом изоляторе, в том числе при воздействии импульса внешнего тока.

Исследование динамики намагниченности и квантовой корреляции в гибридном джозефсоновском переходе. Теоретическая разработка реконфигурируемых архитектур межсоединительных цепей на основе гибридных джозефсоновских переходов.

Исследование возможности наблюдения синхронизированного хаоса и квантового фазового перехода в массиве наномагнитов, связанных с джозефсоновским переходом.

Анализ возникновения новых типов «оптических» и «акустических» магнонов, связанных с аномальным эффектом Джозефсона на базе одномерного джозефсоновского метаматериала, состоящего из Фи-0 переходов.

Разработка подхода, сочетающего эволюционный алгоритм с потенциалом машинного обучения с адаптивным дообучением, и проведение тестирования на тройной системе Fe–Ni–Ca с последующим предсказанием нового тройного соединения Ca-Fe-Ni при давлениях порядка 100 ГПа.

Изучение стабильности и структурной динамики контактов в системах электрод–молекула–электрод с использованием нейросетевых потенциалов, обученных на данных DFT, и проведение систематического исследования эволюции контакта при механическом растяжении и температурных эффектов. Описание критических структурных переходов и нелинейной диффузии молекулы, существенно влияющих на прочность и функциональность молекулярных устройств.

Расчёт взаимодействия электронных возбуждений в молекулярных комплексах C_{60} и PTCDA с подложками на основе графена и MoS_2. Расчёт электронных свойств и транспорта в перовскитных кристаллах $CsPbBr_3$ и смешанных монокристаллах на его основе $CsPb(Br_{[1-x]}Cl_x)_3$.

Анализ намагниченности в шунтированном аномальном джозефсоновском переходе.

Исследование квантовых явлений в наноструктурах с тороидальной конфигурацией при наличии внешних токов.

4. Методы квантовой теории поля в сложных системах **Гнатич М.** 2024-2028

ЛТФ Аджемян Л.Ц., Антонов Н.В., Гулицкий Н.М., Калагов Г.А., Кецер М., Компаниец М.В., Лебедев Н.М., Мижишин Л., Молотков Ю.Г., Налимов В.Ю., Овсянников А.В.

ЛИТ Буша Я.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Сложные физические явления, такие как развитая турбулентность, явления переноса, неравновесные фазовые переходы, перколяция, химические реакции и рост поверхности в случайных средах, трудно поддаются теоретическому и экспериментальному изучению, однако в свете их широкого распространения в природе такие исследования крайне необходимы.

Основной задачей проекта будет формулировка соответствующих теоретических моделей, которые можно исследовать с помощью методов квантовой теории поля и неравновесной статистической физики. Основная цель состоит в изучении статистических характеристик флуктуирующих полей в области больших пространственных масштабов, идентификации фазовых переходов и вычислении универсальных критических индексов и неуниверсальных амплитуд.

Динамические нелинейные системы, в которых решающую роль играют неравновесные (стохастические) флуктуации физических величин, являются одним из важнейших объектов исследований ведущими научными коллективами в мире. Они охватывают широкий спектр явлений, которые мы наблюдаем в окружающем нас мире.

Среди известных примеров стохастических процессов - гидродинамическая и магнитогидродинамическая турбулентность, описывающая, в частности, турбулентные движения в атмосфере Земли и океанах, распространение в них загрязняющих веществ (включая химически активные), а также хаотичные движения плазмы на поверхности Солнца и в космосе. Одним из важных следствий существования механических неустойчивостей в электрически проводящих турбулентных средах является экспоненциальный рост магнитных флуктуаций, приводящих к образованию наблюдаемых ненулевых средних магнитных полей только за счет кинетической энергии турбулентной среды.
Еще один важный пример стохатических систем представляют перколяционные процессы. Они описывают такие явления как просачивание в пористых средах, фильтрацию, распространение инфекционных заболеваний, лесные пожары и др. Их универсальной чертой является существование неравновесного фазового перехода в неактивное (поглощающее) состояние, которое гасит всю активность наблюдаемой системы. Очевидно, что изучение переходов между стационарной активной и неактивной фазой имеет важное прикладное значение.

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

Основной целью проекта является исследование стохастических нелинейных динамических систем, таких как развитая (магнито)гидродинамическая турбулентность, неравновесные фазовые переходы, фазовые переходы в системах с высокими спинами, кинетика химических реакций, перколяционные процессы, рост поверхностей в случайных средах и самоорганизованная критичность.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Исследование кроссовера в системах многокомпонентных фермионов в рамках функциональной ренормгруппы БЭК-БКШ: анализ фазовых диаграмм и вычисление температур перехода в упорядоченное состояние. Апробация и адаптация вычислительных методов для решения непертурбативных уравнений функциональной ренормализационной группы.

Развитие вычислительных методов для расчета вкладов многопетлевых диаграмм в ренормгрупповые функции динамических моделей. Исследование динамики сверхпроводящего фазового перехода в низкотемпературных сверхпроводниках.

Исследование эффектов, связанных с нарушением зеркальной симметрии в магнито-гидродинамической развитой турбулентности. Вычисление двухпетлевых диаграмм Фейнмана, порождаемых силой Лоренца, и двухпетлевых диаграмм функции отклика, приводящих к экспоненциальному росту флуктуаций магнитного поля в области больших масштабов. Изучение явления турбулентного динамо.

Построение эффективных теоретико-полевых моделей химических реакций разного сорта частиц, протекающих в случайных средах. Изучение инфракрасного скейлингового поведения статистических корреляций плотностей частиц методами ренормализационной группы.
Исследование изотропной и направленной перколяции. Вычисление многопетлевых диаграмм Фейнмана, порождающих ультрафиолетовые расходимости. Нахождение неподвижных точек уравнений ренормализационной группы и вычисление критических индексов для физически значимых и экспериментально наблюдаемых величин – функций отклика, плотности активных узлов (агентов), эффективного радиуса и массы активных зон.

Изучение влияния изотропного движения среды с различными статистическими характеристиками на возможность возникновения анизотропного скейлинга в модели самоорганизованной критичности Хуа-Кардара. Исследование методом функциональной ренормгруппы возможных асимптотических режимов, соответствующих неуниверсальному скейлинговому поведению поверхности, растущей в случайной среде и описываемой моделью, включающей бесконечное количество типов взаимодействий.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследование семейства составных операторов размерности два в винтовой магнитной гидродинамике. Ренормгрупповой рассчет коэффициента alpha (alpha-эффект) в насыщенном динамо-состоянии.

Пятипетлевой расчет в бесконечномерной турбулентности. Ренормгрупповой анализ тензорной модели φ^3 в пятом порядке теории возмущений. Многопетлевой анализ динамического обобщения модели φ^3 в четырех петлях.

Анализ распространения на большие расстояния в многокомпонентных реакционно-диффузионных системах. Обобщение существующего формализма на сверхдиффузионное распространение с различными коэффициентами для разных типов частиц.

Исследование турбулентного переноса активной скалярной примеси с нелинейным самодействием типа Кардара-Паризи-Жанга методом теоретико-полевой ренормгруппы. Анализ возможных типов асимптотического скейлингового поведения и вычисление соответствующих критических показателей.

Построение фазовых диаграмм реакционно-диффузионных систем в турбулентном поле скорости методом функциональной ренормализационной группы.

Учет частичного нарушения Галлиевой симметрии, возникающей из-за взаимодействия движущейся среды с вектором, задающим анизотропию исходной системы при систематическом изучении взаимодействия анизотропных систем с самоорганизующейся критичностью, описываемых моделью Хуа-Кардара с изотропной движущейся внешней средой, описываемой стохастическим уравнением Навье-Стокса.

Ренормгрупповой анализ модели А критической динамики в случае негауссового распределения случайной внешней силы, установление и количественное описание возможных скейлинговых режимов.

Рассмотрение задачи диффузии скалярной величины в сильно сжимаемой случайной среде, описываемой стохастическим уравнением Бюргерса. Нахождение устойчивых неподвижных точек, отвечающих возможным типам скейлингового поведения и вычисление соответствующих критических размерностей.

Вычисление контакта Тана в ультрахолодном спинорном бозе-газе методом функциональной ренормализационной группы.

Исследование критического фазового перехода стеклования из фаз расплава и твердого тела.

Сотрудничество по теме 1137

Страна или МО	Город, регион	Институт
Австралия	Канберра, ACT	ANU
	Сидней, NSW	USYD
Армения	Ереван, ER	ЕГУ
		ННЛА
Беларусь	Минск, MI	ИМ НАНБ
		ИФ НАНБ
Болгария	София, SOF	IMech BAS
		ISSP BAS
Бразилия	Натал, RN	IIP UFRN
	Сан-Паулу, SP	USP
Великобритания	Ковентри, WMD	Warwick
Вьетнам	Ханой, HN	EAUT
		IOP VAST
	Хошимин, SG	IFAS DTU
		VLU
Германия	Лейпциг, SN	Ун-т
Египет	Гиза, GZ	CU
Индия	Калькутта, WB	IACS
Иран	Зенджан, JWN	IASBS
Казахстан	Астана, AST	ЕНУ
Канада	Монреаль, QC	UdeM
	Шербрук, QC	UdeS
Китай	Пекин, BJ	BIMSA
		ITP CAS
Монголия	Улан-Батор, ULN	IPT MAS
Польша	Вроцлав, DS	WUST
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Москва, MOW	МГУ
		РУДН
	Новосибирск, NVS	ИНХ СО РАН
		ИФП СО РАН
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Санкт-Петербург, SPE	ПОМИ РАН

Страна или МО	Город, регион	Институт
		СПбГУ
	Саратов, SAR	СГУ
	Томск, TOM	ТПУ
Румыния	Бухарест, B	UB
	Тимишоара, TM	UVT
Сербия	Белград, BG	VINCA
Словакия	Братислава, BL	CU
	Кошице, KI	IEP SAS
		UPJS
США	Ирвайн, CA	UCI
	Пасадена, CA	Caltech
Финляндия	Хельсинки, HEL	UH
Франция	Бордо, NAQ	UB
	Марсель, PAC	CPT
Швеция	Стокгольм, AB	SU
ЮАР	Претория, GT	UNISA
Япония	Уцуномия, UTN	UU

01-3-1138-2019

Современная математическая физика: интегрируемость, гравитация и суперсимметрия

Руководители темы: Исаев А.П.
Кривонос С.О.

Участвующие страны и международные организации:
Австралия, Армения, Болгария, Бразилия, Великобритания, Германия, Греция, Египет, Израиль, Иран, Ирландия, Испания, Италия, Казахстан, Китай, Кыргызстан, Польша, Португалия, Республика Корея, Россия, Саудовская Аравия, Сербия, США, Франция, ЦЕРН, Чехия, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Основной задачей темы является разработка математических методов решения важнейших задач современной теоретической физики, а именно: разработка новых математических методов исследования и описания широкого класса классических и квантовых интегрируемых систем и их точных решений; анализ и поиск решений широкого круга проблем суперсимметричных теорий, включая модели струн и других протяженных объектов; исследование непертурбативных режимов в суперсимметричных калибровочных теориях; разработка космологических моделей ранней Вселенной, гравитационных волн и черных дыр.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Интегрируемые системы и симметрии	Исаев А.П. Кривонос С.О. Тюрин Н.А.	01-3-1138-1-2024/2028
2.	Суперсимметрия, высшие спины, гравитация	Иванов Е.А. Федорук С.А.	01-3-1138-2-2024/2028
3.	Квантовая гравитация, космология и струны	Пироженко И.Г. Фурсаев Д.В.	01-3-1138-3-2024/2028

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**Интегрируемые системы и симметрии**	**Исаев А.П.** **Кривонос С.О.** **Тюрин Н.А.**	2024-2028

ЛТФ Голубцова А.А., Димов Х.П., Козырев Н.Ю., Подойницын М.А., Проворов А.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект посвящен важным задачам современной математической физики. В качестве трех важнейших направлений проекта выступают исследования голографической дуальности, построение суперсимметричных теорий и описание унитарных неприводимых представлений группы Пуанкаре в высших размерностях. Каждое из этих направлений может рассматриваться как самостоятельное, однако в нашем проекте упор делается и на те задачи, которые естественно возникают на стыке этих основных трех направлений. В качестве приложений рассматриваются и прикладные задачи, в том числе из исследуемых в связи с ускорительной тематикой.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Первая задача проекта - изучение алгебраических и дифференциальных структур в голографических системах - относится к области современной математической физики, рассматриваемой в контексте голографической дуальности. Эта часть проекта направлена на изучение свойств интегрируемых структур, встречающихся в различных голографических моделях.

Вторая задача проекта состоит в построении действия неабелева N=(1,0), d=6 тензорного мультиплета, обладающего как можно большим числом свойств шестимерных суперконформных теорий. Она непосредственно связана с первой, поскольку посвящена теориям поля с расширенной суперсимметрией, которые являются важным предметом исследования в математической физике, помогающим описывать общие свойства квантовых теорий поля и многие аспекты теории струн.

Третья задача проекта возникает в контексте исследования моделей с полями высших спинов и заключается в описании унитарных неприводимых представлений многомерных групп Пуанкаре и групп симметрии пространств AdS (анти-де Ситтера). Согласно Вигнеру, каждому унитарному неприводимому представлению четырехмерной группы Пуанкаре ставится в соответствие элементарная частица (поле). Данная концепция обобщается на случай произвольной размерности и на случай групп отличных от группы Пуанкаре (включая супергруппы). Поэтому при исследованиях различных полевых моделей в первую очередь ставится вопрос о классификации и явной конструкции унитарных неприводимых представлений группы симметрии желаемой теории.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Получение деформированных (двойно-деформированных) голографических фоновых геометрий в контексте голографической гипотезы Мальдасены в конформной точке,

Вычисление аномальных размерностей операторов в голографических дуальных теориях и проверка голографического соответствия за пределами супергравитационного приближении.

Построение квантовой теории системы неабелевых тензорных полей, полученной с помощью размерной редукции, с помощью BRST-BFV и BV методов.

Установление дуальностей, связывающих неабелевы тензорные теории, полученные с помощью размерной редукции. Получение самодуальной системы неабелевых тензорных полей путем размерной редукции действия Пасти-Сорокина-Тонина.

Построение решений уравнений типа Вигнера для полей с непрерывным спином в пространстве AdS произвольной размерности. Интерпретация решений в контексте AdS/CFT соответствия.

Исследование энергетических потерь легких кварков в контексте голографической дуальности.

Построение универсального в смысле Вожеля разложения тензорного произведения представлений Y_2 и Y_k на подпредставления. Нахождение из полученных данных универсальных формул для размерностей новых серий универсальных представлений.

Нахождение универсальной структуры представления ad^5 произвольной простой алгебры Ли.

Нахождение уравнения движения для полей непрерывного спина смешанного типа симмерии в пространстве анти-де Ситтера произвольной размерности. В частности, исследование структуры ведущих асимптотик и граничных данных, необходимых для задания таких полей.

Построение L и R операторов для N=4 суперконформной алгебры SU(2,2|4)
как решений уравнения Янга-Бакстера.

Вычисление планарных диаграмм Фейнмана, типа "рыболовная сеть", для N=4 суперсимметричной теории Янга-Миллса.

2.	**Суперсимметрия, высшие спины, гравитация**	**Иванов Е.А.** **Федорук С.А.**	2024-2028

ЛТФ Аверьянов А.А., Будехина А.С., Бухбиндер И.Л., Заиграев Н.М., Мусаев Э.Т., Нерсесян А.П., Саркисян Г.А., Сидоров С.С., Сутулин А.О., Шнир Я.М.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен на решение фундаментальных проблем современной теоретической физики, связанных с развитием суперполевых методов в калибровочных теориях с расширенной суперсимметрией в различных измерениях, включая суперсимметричные модели полей высших спинов и модели суперсимметричной механики.

Реализация проекта включает построение новых полевых и квантово-механических моделей, обладающих глобальными и калибровочными симметриями, разработку новых, в том числе геометрических, методов изучения структуры таких моделей на классическом и квантовом уровнях, изучение структуры соответствующих квантовых эффективных действий, а также классических решений этих моделей, включая чёрные дыры. Все задачи проекта поставлены современным развитием теоретической физики и органически связаны единством методов и подходов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Вычисление всех ведущих и subleading по параметру размерной регуляризации двухпетлевых контрчленов в 6D, N=(1,0) и N=(1,1) суперсимметричных калибровочных теориях.

Построение однопетлевого индуцированного эффективного действия в теории гипермультиплета, взаимодействующего с N=2 супергравитацией в подходе гармонического суперпространства.

Развитие метода вычисления однопетлевого индуцированного эффективного действия в теории гипермультиплета, связанного с внешним полем N=2 гармонических суперполей высших спинов.

Вывод 4D, N=2 гармонической суперполевой формулировки для N=2 суперсиммтричных фермионных полей высших спинов. Построение кубичной вершины взаимодействия таких полей с гипермультиплетом.

Построение 4D, N=2 суперполевой теории калибровочных полей высших спинов в пространстве АдС.

Развитие эффективных способов классического и квантового описания калибровочных полей и суперполей бесконечного спина в произвольной размерности и их взаимодействий с материей.

Нахождение лагранжианов, описывающих взаимодействие полей бесконечного спина и полей высших спинов с полями фиксированного спина. Вычисление методом фонового поля квантовых петлевых поправок от этих взаимодействий. Обобщение на суперсимметричную теорию бесконечного спина.

Нахождение суперполевых гармонических лагранжианов, описывающих сигма-модели, полученные по Т-дуальности из 2D, N=(4,4) суперсимметричных гиперкэлеровых и кватернион-кэлеровых сигма-моделей.

Построение суперполевой матричной формулировки новых N=4 и N=8 суперсимметричных расширений интегрируемых многочастичных систем и их квантование.

Построение новых моделей N-расширенной суперсимметричной квантовой механики с помощью метода суперполевого калибрования.

Построение моделей N=4 суперсимметричной механики на основе взаимодействия линейных и зеркальных нелинейных мультиплетов с компонентным составом (4,4,0), (3,4,1) и (2,4,2).

Построение гамильтоновой формулировки и квантование обобщённых систем с нелинейным (2,4,2) супермультиплетом.

Построение расширения *N*=4 суперсимметричных механик с (3,4,1) супермультиплетом до класса систем, параметризованных произвольной голоморфной функцией.

Построение и исследование квантовых многочастичных систем с нелинейными супермультиплетами.

Построение суперполевого описания моделей типа Калоджеро с расширенной N≥4 суперсимметрий.

Анализ интегрируемости N-расширенных суперсимметричных систем типа Эйлера–Калоджеро–Мозера и Калоджеро–Мозера–Сазерленда для серии A(n-1) группы Коксетера.

Нахождение функционально независимых сохраняющихся токов Лиувилля, а также дополнительного набора сохраняющихся токов, в N=2 суперсимметричных моделях Калоджеро для всех корневых систем.

Построение новых точно вычисляемых разреженных эллиптических бета-интегралов, связанных со специальными линзовыми пространствами и подгруппой модулярных преобразований SL(2,Z).

Вычисление матрицы модулярных преобразований одноточечных конформных блоков на торе в Неве-Шварц секторе N=1 суперконформной теории Лиувилля на основе представления этой матрицы как интеграла от произведения элементов матрицы слияния.

Вывод и детальный анализ свойств нового класса решений ОТО с калибровочными мультикомпонентными полями в моделях со спонтанным нарушением симметрии.

Построение новых решений расширенной теории гравитации с действием Эйнштейна-Черна-Саймонса, описывающих стационарно вращающиеся черные дыры.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Вычисление двухпетлевых подлидирующих расходимостей в 6D, N=(1,1) суперсимметричной теории Янга-Миллса.

Построение индуцированного эффективного действия в теории гипермультиплета, взаимодействующего с фоновой N=2 супергравитацией в гармоническом суперпространстве.

Исследование эффективного действия N=(1,0) суперсимметричной теории Янга-Миллса с высшими производными и проверка наличия в нем N=(0,1) скрытой симметрии.

Развитие БРСТ лагранжевой формулировки для свободных фермионных полей высших спинов в пространстве AdS_4.

Построение лагранжевой формулировки для частично безмассовых фермионных полей высшего спина в пространстве AdS_4.

Построение свободных N=2 конформных теорий высших спинов в рамках гармонического подхода.

Изучение N=2 супертоков высших спинов системы векторного мультиплета и гипермультиплетов. Построение соответствующих им конформных мультиплетов полуцелого спина.

Построение аналогов операторов Казимира для супералгебр с цетральными зарядами в подходе гармоник.

Изучение калибровки типа Весса-Зумино в гармонической формулировке N=2 супергравитации и ее применение для решения уравнений нулевой кривизны и компонентой редукции супергравитционных теорий.

Построение линеаризованной N=2 AdS супергравитации.

Построение исключительной теории поля с группой дуальности G2 и нахождение на её основе калиброванных D=3 супергравитаций с полной группой симметрии G2.

Поиск и классификация калибровок, соответствующих симметрии SO(3) и SO(2,1) в D=3 редуцированной теории. Построение геометрических и негеометрических самосогласованных размерных редукций минимальной D=5 супергравитации в полученные калиброванные супергравитации.

Установление связи между обобщением классического уравнения Янга-Бакстера, связанного с поливекторными деформациями, и различными обобщениями квантового уравнения Янга-Бакстера: декорированного уравнения, уравнения тетраэдра и уравнения для алгебры петель.

Исследование многочастичных моделей расширенной суперсимметричной механики и суперконформной механики на основе взаимодействия линейных и нелинейных супермультиплетов, включая случаи использования неразложимых супермультиплетов и полудинамических мультиплетов.

Построение новых интегрируемых систем кулоновского типа, характеризуемых наличием в них монополей Ву-Янга. Установление связи этих систем с CP3-системой Росохатиуса и нахождение их точных классических и квантовых решений, а также исследование возможности их N=4 суперсимметричных расширений.

Изучение редукции парафермионной модели Руджинаарса к парафермионной релятивистской модели Тоды, которая дает парафермионную версию q-деформированной функции Уиттакера. Изучение нерелятивистского предела парафермионной модели Тоды.

Построение и исследование нового класса черных дыр со скалярными полями материи в асимптотически плоском 3+1 мерном пространстве-времени в моделях с частично отрицательным потенциалом.

Построение и анализ свойств новых солитонных решений скалярной калибровочной теории Максвелла-Черна-Саймонса с периодическим потенциалом.

3.	**Квантовая гравитация, космология и струны**	**Пироженко И.Г.** **Фурсаев Д.В.**	2024-2028

ЛТФ Афзал А., Давыдов Е.А., Латош Б.Н., Пестов А.Б., Сантиллан О.П., Тайнов В.А., Третьяков П.В., Шнир Я.М.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект нацелен на решение фундаментальных проблем классической и квантовой гравитации и проведение в ЛТФ ОИЯИ передовых теоретических исследований национального и мирового уровня в этой области. В классической гравитации проект ориентирован на изучение всевозможных гравитационно-волновых явлений, в том числе, ударных волн в общей теории относительности, а также источников гравитационно-волнового фона, таких, например, как космические струны. Одним из направлений проекта является построение космологических моделей, объясняющих свойства наблюдаемой Вселенной на основе теоретико-полевых методов и модифицированной гравитации. В области квантовой гравитации предполагается развитие аппарата квантовой теории поля во внешнем классическом гравитационном фоне и новых методов для приближенной оценки эффективного гравитационного действия в различных режимах. Также будут исследоваться асимптотические симметрии в гравитации, связь между гравитацией, термодинамикой и квантовым перепутыванием, голографические свойства гравитации и AdS/CFT соответствие.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Развитие теоретико-полевых методов в гравитационном поле ударных гравитационных волн на основе метода супертрансляций на фронте волны, исследование классических полевых эффектов, генерируемых ударными волнами, в том числе в астрофизическом контексте.

Исследование классических эффектов в гравитационном поле ударных гравитационных волн, включая случай гравитационного поля нулевых космических струн (космических струн, движущихся со скоростью света); исследование гравитационного (электромагнитного) излучения, индуцируемого движением нулевых космических струн вблизи массивных (заряженных) источников, оценка параметров этих объектов по наблюдаемым характеристикам индуцированного излучения.

Исследование физических эффектов, связанных с образованием каустик и других дефектов на мировой поверхности нулевой космической струны, как возможных источников гравитационных всплесков; развитие метода голономии для описания свободных классических полей на фоне гравитационной ударной волны.

Квантование и исследование квантовых эффектов в гравитационном поле ударных гравитационных волн, вычисление среднего перенормированного тензора энергии-импульса.

Построение и исследование свойств точных решений уравнений Эйнштейна, поиск нетривиальных решений, обладающих глобальной гиперболической изометрией и позволяющих ввести голономию, связанную с данными преобразованиями.

Исследование гравитационной энтропии, ассоциируемой с различными поверхностями в римановой геометрии, в частности, исследование энтропии, образующейся при пересечении световых конусов прошлого и будущего (causal diamonds), а также исследование квантовых поправок и перенормировок данной величины.

Развитие методов спектральной геометрии в применении к нелинейным спектральным задачам; использование этих методов для исследования конечно-температурной КТП на стационарных многообразиях общего вида, применение этой теории для расчета эффектов кварк-глюонной материи с учетом вращения и ускорения.

Исследование космологических моделей модифицированной гравитации, попытка объяснения на их основе ключевых характеристик наблюдаемой космологии, таких как ускоренное расширение Вселенной, в частности, исследование космологических возмущений в телепараллельной теории с неминимальной скалярно-тензорной связью, где основным объектом является скаляр кручения, в отличие от ОТО, где основной объект – скаляр Риччи.

Построение интегрируемых космологических потенциалов для пространственно-плоских космологий с одним скалярным полем для построения реалистичных вполне интегрируемых инфляционных моделей с фазовым переходом; исследование фазовых переходов в квантовой теории, включающей гравитацию, и динамики образования стенок, разделяющих области с разными значениями поля, развитие метода толстостенного приближения с учетом гравитации, а также построение и исследование точно решаемых инфляционных моделей с фазовыми переходами.

Развитие методов в рамках теории Пикара-Лефшеца и их применение для вычисления лоренцевых континуальных интегралов в задачах квантовой теории поля, гравитации и космологии, и, в частности, в задачах по описанию линзирования гравитационных волн.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Изучение возможного вклада от второго порядка разложения метрического тензора в эффективный усредненный тензор энергии-импульса гравитационных волн в некоторыхмоделях модифицированной гравитации, в частности, содержащих в лагранжиане функцию от скаляра Риччи.

Изучение космологической динамики в моделях квадратичной симметричной телепараллельной гравитации. Сравнение полученных результатов с имеющимися наблюдательными данными и изучение возможности решения в рамках таких моделей проблемы т.н. Хаббловского напряжения.

Исследование возмущений классических электромагнитных полей в пространстве Минковского, вызванных воздействием ударных гравитационных волн от компактных источников; формулировка задачи Коши для возмущений с учетом связей, анализ вторичных ударных электромагнитных волн, анализ излученной энергии.

Исследование гравитационного излучения, вызванного движением ультрарелятивистских источников в среде с распределенной массой, построение моделей, описывающих новые механизмы возникновения наблюдаемого стохастического фонового гравитационного излучения от подобных источников, вычисление вкладов в плотность энергии во Вселенной, сопоставление с экспериментальными данными.

Вычисление линейного эффекта памяти для фоновой метрики при прохождении ударной гравитационной волны.

Вычисление возмущений электромагнитных и гравитационных полей, порождаемых ультрарелятивистскими джетами в активных ядрах галактик.

Разработка реалистичной модели теплой инфляции, в которой поле майорона, взаимодействует с темным калибровочным сектором через смешанную квантовую аномалию. Систематический анализ фоновой инфляционной динамики для новой модели, вычисление спектров первичных возмущений и определение пространства параметров, согласующегося с текущими ограничениями на КМБ (Planck, BICEP/Keck).

Исследование возможности построения тетрадных переменных, приводящих к конечному числу вершин взаимодействия гравитации с фермионами. В зависимости от результата будет либо получена полиномиальная формулировка соответствующего действия и построены новые правила Фейнмана, либо сформулировано ограничение на существование такой параметризации.

Разработка и интеграция в пакет FeynGrav специализированного программного модуля для ускоренной свёртки лоренцевых индексов, планируемая производительность которого будет сопоставима с существующими средствами FeynCalc и FORM для типичных задач пертурбативной квантовой гравитации.

Добавление в пакет FeynGrav поддержки поля Рариты-Швингера со спином (3/2). Будут реализованы свободная теория, пропагатор и правила взаимодействия поля Рариты-Швингера с гравитацией в низших порядках теории возмущений.

Сотрудничество по теме 1138

Страна или МО	Город, регион	Институт
Австралия	Перт, WA	UWA
	Сидней, NSW	USYD
Армения	Аштарак, AG	ИРЭ НАН РА
		ИФИ НАН РА
	Ереван, ER	ЕГУ

Страна или МО	Город, регион	Институт
		ННЛА
Болгария	София, SOF	INRNE BAS
		SU
Бразилия	Жуис-ди-Фора, MG	UFJF
	Сан-Паулу, SP	USP
	Санту-Андре, SP	UFABC
Великобритания	Глазго, GLG	U of G
	Дарем, DUR	Ун-т
	Кембридж, CAM	Ун-т
	Кентербери, KEN	UKC
	Лондон, LND	IMPERIAL
Германия	Бонн, NRW	UniBonn
	Ганновер, NI	LUH
	Мюнхен, BY	LMU
	Ольденбург, NI	IPO
	Потсдам, BB	AEI
Греция	Афины, ATH	NCSR Demokritos
		NKUA
Египет	Эль-Шорук, C	BUE
Израиль	Иерусалим, JM	HUJI
	Тель-Авив, TA	TAU
Иран	Исфахан, IFN	UI
	Тегеран, THR	FU
		IPM
Ирландия	Дублин, L	DIAS
Испания	Барселона, CT	IEEC-CSIC
	Бильбао, PV	UPV/EHU
	Валенсия, V	IFIC-CSIC
	Вальядолид, CL	UVa
	Сантьяго-де-Компостела, GA	USC
Италия	Падуя, PD	UniPd
	Триест, TS	SISSA
	Турин, TO	UniTo
	Фраскати, RM	INFN LNF
Казахстан	Алма-Ата, ALA	КазНУ
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS
	Пекин, BJ	UCAS
	Тяньцзинь, TJ	TU
	Хэнъян, HN	USC
	Шанхай, SH	SHU
Кыргызстан	Бишкек, GB	БГУ
Польша	Вроцлав, DS	UWr

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Краков, MA	JU
Португалия	Авейру, AVE	UA
Республика Корея	Тэджон, DJN	IBS
Россия	Воронеж, VOR	ВГУ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Казань, TA	КФУ
	Москва, MOW	ВШЭ
		ГАИШ МГУ
		ИПМех РАН
		ИТЭФ
		МГУ
		МИАН
		Сколтех
		ФИАН
	Новосибирск, NVS	НГУ
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Санкт-Петербург, SPE	ПОМИ РАН
	Томск, TOM	ТГПУ
		ТПУ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
	Черноголовка, MOS	ИТФ РАН
Саудовская Аравия	Эр-Рияд, RUH	IMAMU
Сербия	Белград, BG	MI SANU
		UB
	Ниш, NI	Ун-т
США	Колледж-Парк, MD	UMD
	Нью-Йорк, NY	CUNY
		SUNY
	Филадельфия, PA	Penn
Франция	Лион, ARA	LPENSL
	Марсель, PAC	CPT
	Нант, PDL	Subatech
	Париж, IDF	ENS
		LUTH
	Тур, CVL	UT
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН
Чехия	Прага, PR	CTU
Япония	Йокогама, YOK	Keio Univ.
	Окинава, NAH	OIST
	Токио, TYO	Keio Univ.
		TUS

Физика элементарных частиц
и
физика тяжелых ионов
высоких энергий
(02)

Участие в международных экспериментах

02-1-1066-2007

Исследование свойств ядерной материи и структуры частиц на коллайдере релятивистских ядер и поляризованных протонов

Руководители темы: Ледницки Р.
Панебратцев Ю.А.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Болгария, Вьетнам, Египет, Индия, Казахстан, Китай, Куба, Мексика, Монголия, Россия, Сербия, Словакия, США, Франция, Чехия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Изучение свойств ядерной материи, находящейся в состояниях с экстремально высокими плотностью и температурой, поиск признаков проявления деконфайнмента кварков и возможных фазовых переходов в среде, образующейся при соударениях тяжелых ядер при энергиях коллайдера RHIC. Измерение спин-зависимых структурных функций нуклонов и ядер с использованием поляризованных пучков RHIC.

Проект по теме:

Наименование проекта	**Руководители проекта**	**Шифр проекта**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	**Статус**
1. **STAR**	**Панебратцев Ю.А.** **Ледницки Р.** *Заместитель:* **Апарин А.А.**	02-1-1066-1-2010/2027 Реализация
ЛФВЭ, ЛИТ, ЛЯП, ЛТФ, УНЦ	см. участников активностей	

Краткая аннотация и научное обоснование:
Цель проекта STAR (участие ОИЯИ) – изучение свойств ядерной материи при экстремальных плотностях и температурах, поиск признаков деконфайнмента кварков и возможных фазовых переходов при столкновениях тяжёлых ионов в широком диапазоне энергий на релятивистском коллайдере тяжёлых ионов RHIC. В программу исследований также входит изучение структурных функций кварков и глюонов при столкновениях поперечно и продольно поляризованных протонов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Получение информации о свойствах горячей, плотной ядерной материи. Участие в экспериментах с ядрами и поляризованными протонами на установке STAR на ядерном коллайдере RHIC в BNL.

Измерение на установке STAR спиновых эффектов в экспериментах с поляризованными протонами. Получение новой информации о спин - зависимых функциях распределения кварков и глюонов в протоне, а также функций фрагментации.

Исследование фемтоскопических корреляций, структуры событий и скейлинговых свойств ядерных взаимодействий, глобальной поляризации, и векторной и тензорной выстроенности, событий с большими поперечными импульсами.

Проведение экспериментов по программе энергетического сканирования BESII в коллайдерной моде и в режиме с фиксированной мишенью. Поиск сигнатур фазовых переходов и критической точки КХД.

Развитие программного обеспечения детектора STAR и создание соответствующей инфраструктуры в ОИЯИ для обработки и анализа экспериментальных данных с установки STAR в ОИЯИ.

Изготовление системы для прецизионных измерений степени поляризации на основе кремниевых детекторов для источника SPI (Source of Polarazied Ions) по методике регистрации рассеянных частиц в кулон-ядерной реакции (CNI-поляриметрия).

Создание совместных с БНЛ и университетами стран-участниц учебных и образовательных программ по релятивистской ядерной физике и физике микромира.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ экспериментальных данных по программе энергетического сканирования BESII в коллайдерных экспериментах в интервале энергий 7,7–200 ГэВ и экспериментах с фиксированной мишенью в интервале энергий 3,0–7,7 ГэВ. Поиск сигнатур фазовых переходов и критической точки КХД.

Исследование спектров рождения K_s^0-мезонов в столкновениях AuAu при энергии 19,6 ГэВ с использованием высокоточных статистических наборов данных, полученных в рамках программы STAR Beam Energy Scan (BESII), в широком диапазоне поперечных импульсов (0,0–6,0) ГэВ/c и для семи значений центральности.

Исследование в ядро-ядерных столкновениях фемтоскопических корреляций, структуры событий, глобальной поляризации, событий с большими p_T. Исследование фемтоскопических корреляций в интервале энергий от 3 до 7,7 ГэВ. Изучение фактора ядерной модификации в столкновениях ядер золота при энергиях 7,7, 11,5, 14,6, 19,6 и 27 ГэВ.

Исследование влияния остаточных зарядов и изоспина сталкивающихся ядер на конечные распределения частиц, отношения рождения и фемтоскопические корреляции пар частиц в области высокой барионной плотности.

Исследование фемтоскопических корреляций пар K_s^0-мезонов с учетом квантовой статистики и взаимодействий в конечном состоянии. Определение фемтоскопических параметров в зависимости от среднего поперечного импульса пары мезонов и центральности столкновения.

Разработка программного обеспечения и формирование инфраструктуры для обработки данных STAR в ОИЯИ с использованием GRID-технологий. Использование методов машинного обучения для обработки данных.

Создание совместных с БНЛ и университетами стран-участниц медиаресурсов и лабораторных работ для подготовки кадров для работы на коллайдерах релятивистских ядер и поляризованных протонов.

Разработка поляриметра по методике кулон-ядерного рассеяния для мониторинга уровня поляризации пучка ускорительного комплекса NICA.

Расчет кинематических параметров экспериментов по исследованию структуры ядра и спиновой структуры протона в e-p и e-A, p-p, p-A столкновениях в зависимости от энергии столкновения. Проработка физической программы исследований при малых (диапазон Нуклотрона) и высоких энергиях (диапазон EIC).

Участие в подготовке системы долгосрочного архивирования и доступа к данным, накопленным экспериментом STAR за время набора данных.

Активности темы:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Участие в выполнении экспериментов и анализе данных по программе энергетического сканирования BESII. Поиск сигнатур фазовых переходов и критической точки КХД	**Панебратцев Ю.А.**	2024-2027
		Набор данных Анализ статистики

ЛФВЭ Аверичев Г.С., Айтбаев А., Апарин А.А., Дедович Т.Г., Дунин В.Б., Кекечян А.О., Коробицин А.А., Лыонг Б.В., Недорезов Е.В., Панюшкина С.С., Суарес Энг О., Тимофеев А.А., Тихомиров В.В., Токарев М.В., Ярыгин Г.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Обработка данных по программе энергетического сканирования BESII в коллайдерной моде и в режиме с фиксированной мишенью.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Получение выводов о сигнатурах фазовых переходов и о критической точке КХД на основе анализа данных по программе BESII.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Исследование в ядро-ядерных столкновениях фемтоскопических корреляций, структуры событий, глобальной поляризации, событий с большими p_T. Исследование фемтоскопических корреляций тождественно заряженных пионов в интервале энергий от 3 до 7,7 ГэВ. Изучение фактора ядерной модификации в столкновениях ядер золота при энергиях 7,7-27 ГэВ.

Определение термодинамических параметров системы с помощью статических моделей.

Исследование фемтоскопических корреляций пар K_s^0-мезонов с учетом квантовой статистики и взаимодействий в конечном состоянии.

2. Исследование спиновых эффектов в столкновениях поперечно поляризованных протонов с протонами и ядрами. Измерение инклюзивных поперечных спиновых асимметрий и фрагментационных функций

Токарев М.В.

2024-2027

Набор данных
Обработка данных

ЛФВЭ Апарин А.А., Дедович Т.Г., Суарес Энг О., Теряев О.В., Шахалиев Э.И.

ЛИТ Мусульманбеков Ж.Ж.

ЛТФ Голоскоков С.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Изучение структурных функций кварков и глюонов при столкновениях поперечно и продольно поляризованных протонов при энергии 510 ГэВ и при столкновениях поляризованных протонов с ядрами при энергии 200 ГэВ. Анализ экспериментальных данных по программе Cold QCD.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Проведение экспериментов с продольно и поперечно поляризованными протонами при максимальной энергии 510 ГэВ.

Анализ экспериментальных данных по программе Cold QCD. Это даёт возможность изучить распределения Сиверса, поперечное распределение поляризации партонов, функции фрагментации Коллинза в ранее недоступных областях и расширить программу анализа асимметрий рождения $W^{\pm}$ и Z^0 бозонов.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Выполнение экспериментальной программы с поперечно поляризованными протонами при энергии 200 ГэВ.

Выполнение измерений в широком диапазоне псевдобыстрот: $-1{,}5 < \eta < 1{,}5$ (центральная область) и $2{,}8 < \eta < 4{,}2$ (передние быстроты), что соответствует области изменения переменной Бьёркена $0{,}005 < x < 0{,}5$.

3. Изучение структуры событий, коллективных переменных, корреляционных характеристик, фемтоскопических корреляционных функций и процессов с большими p_T

Ледницки Р.
Панебратцев Ю.А.

2024-2027

Реализация

ЛФВЭ Агакишиев Г.Н., Апарин А.А., Дедович Т.Г., Кекечян А.О., Коробицин А.А., Лыонг Б.В., Недорезов Е.В., Панюшкина С.С., Тимофеев А.А., Токарев М.В., Шахалиев Э.И.

ЛИТ Ососков Г.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Дальнейшее развитие и применение для анализа экспериментальных данных методов корреляционной фемтоскопии, разработанных в ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Изучение пространственно-временных параметров области взаимодействия с использованием корреляций тождественных и нетождественных частиц, в том числе гиперонов, с учетом взаимодействия в конечном состоянии и спиновых корреляциях, а также для определения уравнения состояния плотной и сверхплотной ядерной материи, образующейся в нейтронных звездах.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Изучение фрактальной структуры событий в зависимости от поперечного импульса. Анализируется проявление ядерных эффектов при фрактальном анализе Монте-Карло AuAu событий при энергии столкновения 200 ГэВ и различной центральности с использованием многофазного транспортного генератора. Исследуется влияние сценария плавления струн на форму pT-спектров фрактальных и нефрактальных событий. Изучается поведение спектра фрактальных размерностей событий в зависимости от центральности.

Подготовка к публикации исследования влияния остаточных зарядов изоспина сталкивающихся ядер на фемтоскопические корреляции тождественных заряженных пионов в диапазоне энергий 3–7,7 ГэВ. Исследование эффекта нарушения буст-инвариантности в парной быстротной зависимости фемтоскопических радиусов.

Изучение рождения нейтральных каонов в области малых поперечных импульсов.

Изучение фрактальной структуры ядер в кумулятивном рождении адронов в рамках подхода *z*-скейлинга.

Изучение релятивистских ядро-ядерных столкновений в эксперименте STAR с использованием Q-кумулянтов высокого порядка.

Сравнение объёмов, извлечённых из данных по распределениям частиц по поперечному импульсу и фемтоскопическим корреляциям с использованием статистической модели взрывной волны.

4. Анализ данных с установки STAR в области быстрот 2,5 < η < 4,2. На основе набранной статистики по столкновениям ядер золота при энергии 200 ГэВ и максимальной светимости коллайдера RHIC

Панебратцев Ю.А.

2024-2027

Обработка данных
Анализ статистики

ЛФВЭ Аверичев Г.С., Агакишиев Г.Н., Айтбаев А., Апарин А.А., Дедович Т.Г., Кечечан А.О., Лыонг Б.В., Рогачевский О.В., Токарев М.В., Шахалиев Э.И.

ЛИТ Громова Н.И.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Реализация экспериментальной программы с тяжелыми ядрами с использованием физической программы Hot QCD в расширенном аксептансе установки STAR в области высоких быстрот и повышенной светимости коллайдера RHIC.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Исследование в рамках физической программы Hot QCD микроструктуры кварк-глюонной плазмы (КГП), образующейся в столкновениях ядер золота при энергии 200 ГэВ с целью изучения фазовой диаграммы КХД и определения свойств КГП на малых масштабах.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Получение набора данных по программе Hot QCD по столкновению ядер золота при максимальной энергии 200 ГэВ и максимальной светимости коллайдера.

5. Развитие программного обеспечения и создание инфраструктуры для обработки данных STAR в ОИЯИ. Применение методов машинного обучения для обработки данных

Панебратцев Ю.А.
Кореньков В.В. (ЛИТ)

2024-2027

Реализация

ЛФВЭ Агакишиев Г.Н., Апарин А.А., Коробицин А.А., Семчуков П.Д.

ЛИТ Балашов Н.А., Ососков Г.А., Стриж Т.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Использование возможностей распределённых вычислений (GRID-структура ОИЯИ) для обработки данных эксперимента STAR. Развитие методов машинного обучения для анализа экспериментальных данных с установки STAR.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Подготовка экспериментальных данных сеансов 2022–2024 гг. в форматах, необходимых для обработки данных в ОИЯИ.

Развитие новых методов обработки данных.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Подготовка и адаптация развитых методик определения типа частиц методами машинного обучения к экспериментам MPD и SPD.

6. Создание совместных с БНЛ и университетами стран-участниц медиаресурсов и лабораторных работ для подготовки кадров для работы на коллайдерах релятивистских ядер и поляризованных протонов

Сидоров Н.Е.
Клыгина К.В.

2024-2027

Реализация

ЛФВЭ Величков В.К., Воронцова Н.И., Голубева Е.И., Лашманов Н.А., Осмачко М.П., Понкин Д.О., Семчуков П.Д.

УНЦ Балалыкин С.Н., Нгуен Хоанг Бао Хань, Платонова Л.В., Смирнов О.А., Строганова Т.Г.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Разработка медиаресурсов и лабораторных работ для подготовки кадров для работы на коллайдерах релятивистских ядер и поляризованных протонов.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Подготовка учебных и презентационных материалов по изучению структуры материи и ядро-ядерных взаимодействий в экспериментах на коллайдерах (RHIC, NICA).

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Создание новой выставочной экспозиции об ускорительном комплексе NICA/MPD с использованием элементов виртуальной, расширенной и дополненной реальности. Создание дистанционных лабораторных работ для изучения ядерной физики.

Подготовка интерактивного учебного курса по изучению физический процессов и регистрации и реконструкции событий на установках MPD и STAR.

7. Проработка предложений по созданию детекторов для изучения поляризационных явлений на коллайдерах

Дунин В.Б.

2024-2027

Подготовка проекта

ЛФВЭ Дунин Н.В., Ившин К.А., Соловьев А.Н., Фимушкин В.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проработка предложений по созданию детекторов для поляриметрии на коллайдере NICA.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание поляриметра, который обеспечит точность около 2 % за 300 сек при токе 10мА.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Изготовление прототипа конструкции универсального протонного поляриметра, где предполагается размещение 4 кластеров кремниевых детекторов размещенных под углами 110 и 130 град, позволяющих измерять асимметрию в реакции ^{6}Li(p, ^{3}He)^{4}He.

Тестирование прототипа поляриметра на источнике альфа частиц и источнике дейтронов 5 Мэв.

Определение конечной конструкции поляриметра и ее изготовление.

Создание аппаратной платформы для прецизионных измерений степени поляризации на источнике SPI для расширения его функциональных возможностей в экспериментах SPD NICA.

8. Изучение возможности будущего расширения исследования структуры ядра и спиновой структуры протона в *e-p* и *e*-A столкновениях на комплексе NICA, а также изучение возможности участия в разработке проекта электрон-ионного коллайдера (EIC)

Апарин А.А.

2024-2027

Подготовка проекта

ЛФВЭ Дунин В.Б., Коробицин А.А., Лашманов Н.А., Панюшкина С.С., Рогов В.Ю., Суарес Энг О.

ЛТФ Жевлаков А.С.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Дальнейшие перспективы исследований в области релятивистской ядерной физики связаны с созданием и проведением экспериментов на электрон-инонных коллайдерах. Исследования спиновых эффектов на EIC представляются комплементарными к физической программе эксперимента SPD на коллайдере NICA.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Совместно со странами-участницами ОИЯИ участие в подготовке физической программы EIC. Подготовка предложений по участию группы ОИЯИ в проработке технического проекта одного из детекторов для изучения электрон-ионных столкновений.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Расчет кинематических характеристик экспериментов по столкновению p-p и p-A и поиск доступных для экспериментального исследования фазовых границ в переменных быстроты пучка y и поперечного импульса частиц pT. Расчет требуемых параметров светимости ускорителя и частоты взаимодействия для проведения экспериментов с указанной постановкой.

Сотрудничество по теме 1066

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	ИРП
Армения	Ереван, ER	ННЛА
Болгария	София, SOF	INRNE BAS
		SU
Вьетнам	Далат, LD	DNRI
Египет	Гиза, GZ	NILES CU
	Каир, C	AUC
Индия	Джамму, JK	JU
	Тирупати, AP	IISER
	Чандигарх, CH	PU
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS
	Ухань, HB	CCNU
Куба	Гавана, HAV	InSTEC
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM
Монголия	Улан-Батор, ULN	MNUE
Россия	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Москва, MOW	ИТЭФ
		МИФИ
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Санкт-Петербург, SPE	СПбГУ
Сербия	Белград, BG	VINCA
	Нови-Сад, VO	UNS
Словакия	Братислава, BL	IP SAS
	Кошице, KI	UPJS
США	Аптон, NY	BNL
	Беркли, CA	Berkeley Lab
	Блумингтон, IN	IU

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Кент, WA	KSU
	Лемонт, IL	ANL
	Нью-Хейвен, CT	Yale Univ.
	Стони-Брук, NY	SUNY
	Чикаго, IL	UIC
	Юниверсити-Парк, PA	Penn State
Франция	Нант, PDL	Subatech
Чехия	Ржеж, ST	NPI CAS

02-2-1081-2009

ATLAS
Модернизация установки и физические исследования на LHC

Руководитель темы: Бедняков В.А.

Заместители руководителя: Елецких И.В.
Чеплаков А.П.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Германия, Грузия, Израиль, Испания, Италия, Канада, Нидерланды, Россия, Словакия, США, Франция, ЦЕРН.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Исследование протон-протонных взаимодействий при сверхвысоких энергиях LHC (до 14 ТэВ); в том числе детальное изучение структуры нуклона; изучение свойств бозонов Хиггса, поиск новых физических явлений за рамками Стандартной модели, изучение физики тяжелых кварков и мультикварковых состояний, прецизионные измерения в области Стандартной модели, участие в поддержке и развитии программного обеспечения эксперимента ATLAS, моделировании исследуемых физических процессов и модернизации основных систем детектора. Проектирование и создание детектирующих систем установки ATLAS, участие в эксплуатации установки.

Проект по теме:

Наименование проекта	Руководитель проекта	Шифр проекта
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1. ATLAS **Модернизация установки и физические исследования на LHC**	**Бедняков В.А.** *Заместители:* **Елецких И.В.** **Чеплаков А.П.** (ЛФВЭ)	02-2-1081-1-2010/2030 Техпроект

ЛЯП Артиков А.А., Атанов Н.В., Атанова О.С., Баранов В.Ю., Батусов В.Ю., Бойко И.Р., Бойков А.В., Васюков А.О., Глаголев В.В., Гонгадзе А., Гонгадзе И.Б., Гонгадзе Л.А., Госткин М.И., Грицай К.И., Гусейнов Н., Гуськов А.В., Давыдов Ю.И., Дедович Д.В., Диденко А.Р., Демичев М.А., Доловова О.А., Дыдышко Е.В., Ермольчик В.Л., Ершова А.В., Жемчугов А.С., Иванов Ю.П., Калиновская Л.В., Карпов С.Н., Карпова З.М., Каурцев Н.Н., Киричков Н.В., Ковязина Н.А., Кожевников Д.А., Кручонок В.Г., Кульчицкий Ю.А., Лапкин А.В., Лыкасов Г.И., Любушкин В.В., Любушкина Т.В., Ляблин М.В., Ляшко И., Малюков С.Н., Минашвили И., Минашвили И. (мл.), Мокренко С.П., Нефедов Ю.А., Ноздрин А.А., Плотникова Е.М., Пороховой С.Ю., Потрап И.Н., Прохоров А.А., Рамакоти Е.Н., Рогозин В.А., Руденко Т.О., Сапронов А.А., Серочкин М.В., Симоненко А.В., Сотенский Р.В., Терешко П.В., Терещенко В.В., Троеглазов И.Н., Тропина А.Д., Усов Ю.А., Фомичев И.В., Харченко Д.В., Чижов М.В., Шайковский А.В., Шалюгин А.Н., Шиякова М.М., Шутов А.Г.

ЛФВЭ Ахмадов Ф.Н., Зимин Н.И., Иванов А.В., Ладыгин Е.А., Манашова М., Нагорный С.Н., Пономаренко Н.И., Снесарев А.А., Солошенко А.А., Туртувшин Т., Филиппов Ю.А., Шайхатденов Б.Г.

ЛИТ Александров Е.И., Александров И.Н., Громова Н.И., Кореньков В.В., Минеев М.А., Яковлев А.В.

ЛТФ Арбузов А.Б., Бедняков А.В., Бондаренко С.Г., Казаков Д.И, Теряев О.В.

ЛНФ Булавин М.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Главная цель международного эксперимента ATLAS – это изучение протон-протонных взаимодействий при рекордных энергиях коллайдера LHC (от 7 до 14 ТэВ). Эти взаимодействия являются источником разнообразных (в том числе и неизвестных ранее) физических процессов, происходящих на уровне элементарных частиц. Исследование такого сорта процессов и последующее описание их в рамках единой мировоззренческой концепции является главной задачей современной физической науки.

Многоцелевой детектор ATLAS представляет собой уникальный и беспрецедентный по своей сложности физический прибор, сочетающий в себе наиболее передовые достижения современной науки, техники, технологии и средств коммуникаций. Участие в таком масштабном международном проекте, как эксперимент ATLAS на LHC, доступ к новейшим технологиям постановки эксперимента, приобретение нашими сотрудниками опыта анализа экспериментальных данных, прецизионного моделирования физических процессов в детекторе, программной и теоретической поддержки экспериментальных исследований, представляется совершенно необходимым для такой международной организации как ОИЯИ.

Вторая фаза модернизации детектора ATLAS нацелена на подготовку установки к работе в условиях большой светимости LHC. Во время первой фазы, успешно завершившейся в 2022 году, основным вкладом группы ОИЯИ было участие в реализации проекта создания нового мюонного колеса – важного элемента мюонного спектрометра. Работа по модернизации мюонного спектрометра продолжается в части создания камер RPC. Проводится разработка, испытания и изготовление системы считывания сигналов жидко-аргонового калориметра (LAr) на основе оптоволоконной технологии. С участием ОИЯИ ведется создание нового высокогранулярного детектора с высоким временным разрешением (HGTD).

С помощью установки ATLAS уже ведется тщательная проверка современной Стандартной модели физики частиц, производится поиск границ ее применимости, ищутся ответы на ключевые вопросы современного этапа развития физики и астрофизики, такие, например, как природа темной материи во Вселенной, наличие дополнительных пространственных измерений и т.п.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Обработка новых данных протон-протонных столкновений с энергией 13.6 ТэВ, а также начало работы Большого адронного коллайдера в режиме высокой светимости (HL-LHC) позволят получить новые уникальные экспериментальные результаты. Наиболее важные из них – исследования структуры протона, в частности, вклада глюонов и тяжелых кварков в структурные функции, изучение спектра адронных состояний, в том числе тяжелых мезонов и экзотических тетракварковых и пентакварковых резононсов, прецизионные тесты Стандартной модели физики частиц при энергиях LHC, а также поиск проявлений физики за её рамками. Набор данных с высокой светимостью позволит экспериментально исследовать редкие физические процессы, к примеру, произвести измерения свойств бозона Хиггса в канале его рождения с одним топ-кварком.

Достижение этих результатов будет невозможно без разработки новых методов обработки и анализа экспериментальных данных. Планируется активное участие сотрудников ОИЯИ в программной поддержке триггерной системы эксперимента, разработке новых методов моделирования физических процессов при энергиях LHC, применении новых методов машинного обучения для обработки данных.

В результате выполнения данного проекта будут также получены уникальные результаты прикладного характера. В числе таких «побочных» результатов необходимо отметить приобретение опыта по созданию, отладке и эксплуатации систем удаленного мониторинга сложных технических аппаратов, работу с большими базами данных, разработку и практическое использование в условиях проведения долгосрочного и крупномасштабного эксперимента системы распределенных вычислений (GRID). Применение этого опыта возможно в будущем в других проектах института.

Завершение модернизации детекторных систем позволит обеспечить стабильную и эффективную работу установки ATLAS при светимости LHC на уровне в 5-7 раз выше проектной величины около 10^{34} cm^{-2} s^{-1}, и достичь интегральной светимости на уровне 3000 fb^{-1}.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Публикация результатов исследования спиновых свойств полностью очарованных тетракварков в распадах на пару J/psi-J/psi или J/psi-Psi(2S). Измерение свойств тетракварковых и пентакварковых состояний состояний со скрытым очарованием Tcc(4200), Pcc(4312), Pcc(4440), Pcc(4457) в распадах B-мезонов и Lambda_b-барионов на J/psi-мезон и несколько легких адронов. Изучение редких распадов B-мезонов на пару лептонов, измерение свойств нарушения CP-симметрии в распадах B-мезонов. Изучение свойств процесса ассоциативного рождения бозона Хиггса с одним топ-кварком, измерение фазы константы связи бозона Хиггса и топ-кварка в этом процессе в данных ATLAS Run3. Продолжение работ по поиску квантовых черных дыр, распадающихся на лептон и адронную струю, публикация результатов на полной статистике Run3. Продолжение работ по изучению ассоциативного рождения бозона Хиггса с векторными W-, Z-бозонами, измерении величин константы связи бозона Хиггса с прелестными и очарованными кварками в этом экспериментальном канале.

Разработка программного обеспечения баз данных состояния экспериментальной установки, в частности, подсистемы калориметров. Разработка баз данных экспериментальных событий. Участие в разработке и поддержании программного обеспечения триггерной системы установки ATLAS. Моделирование отклика адронного калориметра установки ATLAS. Тестирование и подготовка к введению в эксплуатацию новых элементов мюонного спектрометра

и калориметрических систем детектора:камер RPC, оптоволоконных и электрических кабелей для жидкоаргонного калориметра; продолжение работ по созданию, тестированию и вводу в эксплуатацию временного детектора высокого разрешения (HGTD).

Сотрудничество по теме 1081

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	ИФ
Армения	Ереван, ER	ННЛА
Беларусь	Гомель, HO	ГГТУ
		ГГУ
	Минск, MI	ИПФ НАНБ
		ИФ НАНБ
		НИИ ЯП БГУ
Болгария	София, SOF	SU
Германия	Цойтен, BB	PITZ DESY
Грузия	Тбилиси, TB	HEPI-TSU
Израиль	Реховот, M	WIS
Испания	Барселона, CT	IFAE
Италия	Пиза, PI	INFN Pisa
Канада	Ванкувер, BC	TRIUMF
Нидерланды	Амстердам, NH	NIKHEF
Россия	Владикавказ, SE	СОГУ
	Москва, MOW	ИТЭФ
		МГУ
	Протвино, MOS	ИФВЭ
Словакия	Братислава, BL	CU
		IP SAS
США	Лемонт, IL	ANL
Франция	Обьер, ARA	LPCA
	Орсе, IDF	IJCLab
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН

02-1-1083-2009

CMS
Компактный мюонный соленоид на LHC

Руководитель темы: Каржавин В.Ю.

Заместитель: Шматов С.В.
Научный руководитель: Матвеев В.А.

Участвующие страны и международные организации:
Австрия, Армения, Бельгия, Болгария, Бразилия, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Грузия, Индия, Иран, Ирландия, Испания, Италия, Кипр, Китай, Мексика, Нидерланды, Новая Зеландия, Пакистан, Республика Корея, Сербия, США, Тайвань, Турция, Финляндия, Франция, Хорватия, ЦЕРН, Черногория, Швейцария.

Изучаемая проблема и основные цели исследований:
Разработка и реализация программы исследований на LHC по изучению явлений в рамках стандартной модели и за ее пределами. Модернизация для работы в условиях HL-LHC, запуск и эксплуатация экспериментального комплекса CMS.

Проект по теме:

	Наименование проекта	**Руководитель проекта**	**Шифр Проекта**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**CMS. Физические исследования в эксперименте CMS и вторая фаза модернизации установки для работы в условиях высокой светимости**	**Каржавин В.Ю.**	02-1-1083-1-2010/2030 Реализация
1.1.	**Программа физических исследований на установке CMS**	**Шматов С.В.** (ЛИТ)	Реализация
ЛФВЭ	Алексахин В.Ю., Аушев Т.А, Будковский Д.В., Гниненко С.Н., Горбунов И.Н., Жижин И.А., Зарубин А.В., Каменев А.Ю., Козлов Д.Н., Ланев А.В., Шалаев В.В., Шульга С.Г.		
ЛИТ	Войтишин Н.Н., Ильиных С.Д., Кодолова О.Л., Корсаков Ю.В., Мигунов И.А., Никитенко А.О., Ососков Г.А., Пальчик В.В., Петров Н.К., Поликарпов С.М., Сатышев И., Седельников А.С., Слижевский К.В., Фоменок Д.В., Франк-Каменецкая С.Д., Хабаев З.К., Чинарьян А.Р., Чистов Р.Н., Толочко Е.Н.		
ЛТФ	Зыкунов В.А., Казаков Д.И., Козлов Г.А., Нурышева А.Л., Савина М.В., Теряев О.В.		
1.2.	**Детекторы торцевой части экспериментальной установки CMS**	**Каржавин В.Ю.**	Эксплуатация Набор данных Модернизация
1.2.1	**Создание калориметра высокой гранулярности HGCal**	**Каржавин В.Ю.** **Афанасьев С.В.**	
1.2.2.	**Передняя мюонная станция ME1/1**	**Каржавин В.Ю.** **Перелыгин В.В.**	
ЛФВЭ	Алексахин В.Ю., Бунин П.Д., Гниненко С.Н., Голова Н.С., Голунов А.О., Горбунов Н.В., Дубинчик Б.В., Ершов Ю.В., Зайцев А.А., Зарубин А.В., Кильчаковская С.В., Козлов Д.Н., Кондратьева Л.В., Куренков А.М., Кутинова О.В., Ланёв А.В., Малахов А.И., Мильнов Г.Д., Сакулин Д.Г., Смирнов В.А., Сухов Е.В., Тлисова И.В., Устинов В.В.		
ЛИТ	Войтишин Н.Н., Кодолова О.Л., Сатышев И., Хведелидзе А., Шматов С.В.		

1.3. Развитие программного обеспечения для распределенных вычислений, обработки и анализа данных на основе GRID-технологий

Кореньков В.В. (ЛИТ)
Шматов С.В. (ЛИТ)

Реализация

ЛИТ Войтишин Н.Н., Голунов А.О., Долбилов А.Г., Кашунин И.А., Кодолова О.Л., Мойбенко А.Н., Олейник Д.А., Ососков Г.А., Пальчик В.В., Петросян А.Ш., Семенов Р.Н., Стриж Т.А., Толочко Е.Н., Трофимов В.В., Филозова И.А.

ЛФВЭ Голунов А.О., Каменев А.Ю., Ланёв А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Настоящий проект направлен на проведение комплексных исследований в области физики элементарных частиц на экспериментальной установке "Компактный мюонный соленоид" (CMS) на Большом адронном коллайдере (LHC) с целью изучения фундаментальных законов природы.

Цель проекта – исследование физических процессов, протекающих в протон-протонных столкновениях при энергиях до 13,6 ТэВ в с.ц.м. Обработка и анализ экспериментальных данных RUN2 и RUN3 CMS, соответствующих интегральной светимости до 500 фбн$^{-1}$, с целью получения новых физических результатов по следующим направлениям:

– поиск сигналов новой физики, предсказываемых расширенными калибровочными моделями и сценариями с гравитацией на энергетическом масштабе порядка ТэВ (модели с дополнительными измерениями), в канале с двумя мюонами в конечном состоянии;

– поиск кандидатов на роль темной материи в канале рождения пар лептонов/b-кварков с недостающей поперечной энергии;

– исследование свойств бозона Хиггса и поиск новых скалярных бозонов расширенного хиггсовского сектора в каналах распада на лептоны и b-кварки;

– исследование процессов рождения мюонных пар в процессе Дрелла–Яна для проверки предсказаний СМ на новом энергетическом масштабе, измерения слабого угла смешивания и проверки распределений структурных функций кварков и глюонов (PDF);

– изучение свойств струй КХД и уточнение функций фрагментации.

Начиная с 2030 года предусмотрена вторая фаза работы при повышенной светимости вплоть до 5–7×10^{34} см$^{-2}$с$^{-1}$ (High Luminosity LHC, HL–LHC), что позволит увеличить статистику более чем на порядок (L_{int} ~ 3000 фбн$^{-1}$). С 2026 года по 2030 год запланирована длительная остановка LHC (LS3), нацеленная на модернизацию коллайдера и экспериментов. Основной задачей модернизации установки CMS в этот период является обеспечение эффективной работы всех систем в режиме HL–LHC. Настоящий проект включает обязательств ОИЯИ по участие во второй фазе модернизации CMS: создание торцевого калориметра высокой гранулярности (HGCal) и модернизация катодно-стриповых камер (CSC) передней мюонной станции ME1/1 торцевой мюонной системы CMS. В период эксплуатации обязательства ОИЯИ включают поддержку работоспособности, контроль параметров и изучение физико-технических характеристик детекторов торцевых частей установки CMS.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Реализации программы физических исследований на установке CMS при интегральной светимости до 500 фб$^{-1}$.

Модернизация детекторов CMS (в рамках ответственности ОИЯИ) для эффективной работы в условиях высокой светимости коллайдера.

Проведение экспериментов на LHC. Введение в эксплуатацию после модернизации и обеспечение работы во время набора данных торцевого адронного калориметра HGCal и мюонной станции ME1/1.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Проверка предсказаний Стандартной модели и поиск сигналов новой физики в канале с парой мюонов или парой b-кварков с недостающей поперечной энергией в конечном состоянии на основе обработки и анализа экспериментальных данных RUN2 и RUN3 с суммарной статистикой, соответствующей интегральной светимости до 400 фбн$^{-1}$, развитие алгоритмов реконструкции мюонов высоких энергий и алгоритмов восстановления струй.

Техническая поддержка детекторных систем CMS, участие в проведении сеансов по набору и контролю качества экспериментальных данных.

Развитие программного обеспечения для распределенной системы обработки и анализа данных на основе GRID-технологий и обеспечение передачи данных между центрами Tier-1/Tier-2 ОИЯИ и CMS.

Модернизация детекторов передней мюонной станции ME1/1 торцевой мюонной системы CMS для работы в условиях высокой светимости коллайдера HL-LHC.

Создание тестовой системы для испытаний детекторов калориметра HGCal. Участие в проведении испытаний плоскостей с чувствительными элементами HGCal, сборке и подготовке калориметра к вводу в эксплуатацию.

Сотрудничество по теме 1083

Страна или МО	Город, регион	Институт
Австрия	Вена, VIE	HEPHY
Армения	Ереван, ER	ННЛА
Бельгия	Антверпен, VAN	UAntwerp
	Брюссель, BRU	ULB
		VUB
	Гент, VOV	UGENT
	Лёвен, VBR	KU Leuven
	Лувен-ля-Нёв, WBR	UCL
	Монс, WHT	UMONS
Болгария	София, SOF	INRNE BAS
		SU
Бразилия	Рио-де-Жанейро, RJ	CBPF
		UERJ
	Сан-Паулу, SP	Unesp
Великобритания	Бристоль, BST	Ун-т
	Дидкот, OXF	RAL STFC
	Лондон, LND	IMPERIAL
Венгрия	Будапешт, BUD	Wigner RCP
	Дебрецен, DEB	ATOMKI
		UD
Германия	Ахен, NRW	RWTH
	Гамбург, HH	DESY Helmholtz
		UHH
	Карлсруэ, BW	KIT Helmholtz
Греция	Афины, ATH	NCSR Demokritos
		NKUA
		NTU
	Янина, IOA	UoI
Грузия	Тбилиси, TB	GTU
		HEPI-TSU
Индия	Джатни, OD	NISER
	Калькутта, WB	SINP

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Мумбаи, MH	BARC
		TIFR
	Чандигарх, CH	PU
Иран	Тегеран, THR	IPM
Ирландия	Дублин, L	UCD
Испания	Мадрид, MD	CIEMAT
		UAM
	Овьедо, AS	UO
	Сантандер, CB	IFCA-CSIC
Италия	Бари, BA	INFN Bari
	Болонья, BO	INFN Bologna
	Генуя, GE	INFN Genoa
	Катания, CT	INFN LNS
	Милан, MI	INFN Milan
	Неаполь, NA	INFN Naples
	Павия, PV	INFN Pavia
	Падуя, PD	INFN Padua
	Перуджа, PG	INFN Perugia
	Пиза, PI	INFN Pisa
	Рим, RM	INFN Rome
	Триест, TS	INFN Trieste
	Турин, TO	INFN Turin
	Флоренция, FI	INFN Florence
	Фраскати, RM	INFN LNF
Кипр	Никосия, NIC	UCY
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS
		PKU
		Tsinghua
	Ханчжоу, ZJ	ZJU
Мексика	Мехико, CDMX	Cinvestav
	Пуэбла, PUE	BUAP
Нидерланды	Эйндховен, NB	TU/e
Новая Зеландия	Крайстчерч, CAN	UC
	Окленд, AUK	UoA
Пакистан	Исламабад, IS	QAU
Республика Корея	Кванджу, KWJ	CNU
	Сеул, SEL	KU
		SJU
		SKKU
		SNU
		Yonsei Univ.
	Тэджон, DJN	KIST

Страна или МО	Город, регион	Институт
Сербия	Белград, BG	VINCA
США	Айова-Сити, IA	Ulowa
	Балтимор, MD	JHU
	Батавия, IL	Fermilab
	Бостон, MA	BU
		NU
	Боулдер, CO	CU
	Буффало, NY	UB
	Гейнсвилл, FL	UF
	Дейвис, CA	UC Davis
	Детройт, MI	WSU
	Итака, NY	Cornell Univ.
	Кембридж, MA	MIT
	Колледж-Стэйшн, TX	Texas A&M
	Колледж-Парк, MD	UMD
	Колумбус, OH	OSU
	Лаббок, TX	TTU
	Ливермор, CA	LLNL
	Линкольн, NE	UNL
	Лоренс, KS	KU
	Лос-Анджелес, CA	UCLA
	Мадисон, WI	UW-Madison
	Манхеттен, KS	KSU
	Миннеаполис, MN	U of M
	Нашвилл, TN	VU
	Ноксвилл, TN	UTK
	Нотр-Дам, IN	ND
	Нью-Брансуик, NJ	RU NB
	Нью-Йорк, NY	RU
	Оксфорд, MS	UM
	Пасадена, CA	Caltech
	Питтсбург, PA	CMU
	Принстон, NJ	PU
	Провиденс, RI	Brown
	Риверсайд, CA	UCR
	Рочестер, NY	UR
	Сан-Диего, CA	SDSU
	Санта-Барбара, CA	UCSB
	Таллахасси, FL	FSU
	Уэйко, TX	BU
	Уэст-Лафейетт, IN	Purdue Univ.
	Хьюстон, TX	Rice Univ.

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Цинциннати, OH	UC
	Чикаго, IL	UIC
	Шарлотсвилл, VA	UVa
	Эванстон, IL	NU
Тайвань	Тайбэй, TPE	NTU
	Таоюань, TAO	NCU
Турция	Адана, ADA	CU
	Анкара, ANK	METU
	Стамбул, IST	BU
		YTU
Финляндия	Лаппеэнранта, LPP	LUT
	Хельсинки, HEL	HIP
		UH
Франция	Жив-сюр-Иветт, IDF	Irfu
	Лион, ARA	UL
	Париж, IDF	IN2P3
	Страсбург, GES	IPHC
Хорватия	Загреб, ZAG	RBI
	Сплит, SPU	UNIST
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН
Черногория	Подгорица	UCG
Швейцария	Филлиген, AG	PSI
	Цюрих, ZH	ETH
		UZH

02-2-1085-2009

Экспериментальная проверка фундаментальных основ КХД

Руководитель темы: Гуськов А.В.

Заместитель: Жемчугов А.С.

Участвующие страны и международные организации:
Беларусь, Великобритания, Германия, Израиль, Италия, Китай, Польша, Португалия, Россия, США, ЦЕРН, Чехия, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Квантовая хромодинамика является истинной теорией сильного взаимодействия. Однако, несмотря на её значительные успехи в описании взаимодействия кварков и глюонов в рамках пертурбативного подхода, вопрос о том, почему адроны и ядра именно такие, какими мы их видим, остаётся открытым. Описание на основе базовых принципов КХД фундаментальных свойств адронов, таких как их массы, спины, партонные распределения, формфакторы, спектры, и т. д. является одной из главных нерешённых проблем квантовой хромодинамики. Конфайнмент кварков и глюонов в адронах, а также рост бегущей константы сильного взаимодействия с уменьшением характерного масштаба энергии взаимодействия не позволяют непосредственно использовать для этого пертурбативный подход, хорошо себя зарекомендовавший при высоких энергиях. В настоящее время для количественного описания спектра адронов, их статических свойств и их взаимодействий при малых энергиях используются различного рода феноменологические модели. Определённые успехи достигнуты в вычислениях на решётках. Сравнение предсказаний моделей и теоретических вычислений для наблюдаемых величин с результатами измерений является важным тестом состоятельности и границ применимости используемых подходов. При этом, конечной целью исследований в данном направлении, как теоретических, так и экспериментальных, является получение описания спектров, структуры и свойств адронов из первых принципов КХД.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	BESIII	Денисенко И.И. *Заместитель:* Жемчугов А.С.	02-2-1085-1-2007/2028
2.	NA66 / AMBER Изучение фундаментальных свойств адронов	Гуськов А.В.	02-2-1085-2-2024/2029

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1. BESIII	**Денисенко И.И.** *Заместитель:* **Жемчугов А.С.**	2007-2028 Реализация

ЛЯП Бакина О.В., Бойко И.Р., Гуськов А.В., Дедович Д.В., Егоров П.А., Нефедов Ю.А., Губачёв Д.А.

ЛТФ Бытьев В.В.

ЛИТ Кореньков В.В., Ососков Г.А., Пелеванюк И.С.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Целями группы ОИЯИ в проекте BESIII являются исследование адронных спектров КХД и поиск экзотических состояний, изучение рождения и распадов состояний чармония, поиск экзотических состояний чармония и чармониеподобных структур и определение функций фрагментации с-кварка. Участие группы ОИЯИ в проекте заключается в анализе данных и развитии алгоритмов реконструкции событий в детекторе BESIII с использованием методов машинного обучения.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Проект позволит получить новые знания о свойствах сильного взаимодействия на масштабе $Q^2 \sim M_{Jpsi}^2$. В частности, будет получена информация о спектре экзотических лёгких и чармонийподобных состояний и их свойствах, а также о деталях инклюзивного рождения с-кварков.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ данных BESIII. Разработка программного обеспечения для офлайн обработки данных и инструментов анализа. Участие в наборе данных.

2. NA66 / AMBER **Гуськов А.В.** 2024-2029

Изучение фундаментальных свойств адронов

Реализация

ЛЯП Абазов В.М., Алексеев Г.Д., Антошкин А.И., Анфимов Н.В., Гонгадзе А., Гридин А.О., Гуськов А.В., Дедович Д.В., Денисенко И.И., Журавлёв Н.И., Ковязина Н.А., Ляшко И.В., Мальцев А., Парсамян Б., Пискун А.А., Селюнин А.С., Серюбин С.С., Фролов В.Н.

ЛФВЭ Аносов В.А., Гаврищук О.П., Гущерски Р., Земляничкина Е.В., Кузнецов О.М., Шунько А.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
AMBER (Apparatus for Meson and Baryon Experimental Research) – новая экспериментальная установка с неподвижной мишенью на пучковой линии M2 ЦЕРН SPS. Установка предназначена для проведения множества измерений, направленных на решение фундаментальных вопросов квантовой хромодинамики, которые, как ожидается, приведут к значительному улучшению понимания КХД как современной теории сильных взаимодействий. Предлагаемые измерения охватывают физику в диапазоне от самых малых значений Q^2, как определение зарядового радиуса протона при упругом мюон-протонном рассеянии, реакций со средними значениями Q^2 для адронной спектроскопии, и исследований адронной структуры с высоким Q^2, используя жесткие процессы Дрелла-Яна, чармония и производства быстрых фотонов. Группа ОИЯИ отвечает за модернизацию и эксплуатацию адронного калориметра HCAL1 и системы идентификации мюонов под большим углом MW1 (Muon Wall 1). Она также участвует вместе с группой из Туринского университета в производстве и поддержке трековых детекторов Bulk Micromegas, которые заменят устаревшие проволочные камеры (MWPC) в SAS за магнитом SM2.

Ожидаемые результаты по завершению проекта:
Решение загадки протонного радиуса.

Новые знания о кварковой и глюонной структуре мезонов.

Точное знание выхода антипротонов в p-p и p-He процессах, необходимое для поиска тёмной материи в астрофизических экспериментах.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Участие в НИОКР для детекторов Micromegas.

Обработка данных по выходу антипротонов в p-He соударениях и прецизионному измерению радиуса протона.

Подготовка к модернизации считывающей электроники для работы в безтриггерном режиме.

Модернизация мюонной системы MW1.

Сотрудничество по теме 1085

Страна или МО	Город, регион	Институт
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ
Великобритания	Глазго, GLG	U of G
Германия	Бонн, NRW	UniBonn
	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz
	Мюнхен, BY	TUM

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Фрайберг, SN	TUBAF
Израиль	Тель-Авив, TA	TAU
Италия	Тренто, TN	UniTrento
	Триест, TS	INFN Trieste
	Турин, TO	INFN Turin
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS
Польша	Варшава, MZ	IEP WU
		WUT
	Отвоцк-Сверк, MZ	NCBJ
Португалия	Авейру, AVE	UA
	Лиссабон, LIS	LIP
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН
	Протвино, MOS	ИФВЭ
США	Лос-Аламос, NM	LANSCE LANL
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН
Чехия	Прага, PR	CTU
		CU
Япония	Ямагата, YGT	YU

02-1-1087-2009

Исследования по физике релятивистских тяжелых и легких ионов на ускорительных комплексах Нуклотрон-M/NICA ОИЯИ и SPS ЦЕРН

Руководители темы: Малахов А.И.
Афанасьев С.В.

Участвующие страны и международные организации:
Армения, Беларусь, Болгария, Индия, Италия, Казахстан, Китай, Монголия, Россия, Румыния, Словакия, Узбекистан.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Исследование новых явлений во множественном рождении частиц, связанных с проявлением кварковых и глюонных степеней свободы, при взаимодействии релятивистских ядер. Изучение нуклонных и ядерных взаимодействий на ускорительном комплексе ЛФВЭ, ЦЕРН. Энергетическое сканирование взаимодействий ядер при энергиях 20-158 ГэВ на нуклон и изучение их зависимости от атомного номера ядер и энергии с целью поиска критической точки на фазовой диаграмме ядерной материи на установке NA61/SHINE (SPS, ЦЕРН). Исследования рождения адронов в адрон-ядерных взаимодействиях. Использование полученных данных для прецизионного вычисления спектров и потоков нейтрино в ускорительных экспериментах по изучению нейтринных осцилляций. Исследование нуклонной кластеризации и вклада нестабильных ядерно-молекулярных состояний в диссоциации легких стабильных и радиоактивных изотопов, а также свойств разреженной барионной материи в диссоциации тяжелых ядер. Экспериментальное и теоретическое исследование глубокоподпороговых, кумулятивных процессов, образования адронов и антиматерии в переходной области энергий. Исследования поведения элементарных частиц, нуклонных резонансов и нуклонных флуктуации в ядерном веществе на установке СКАН на пучках Нуклотрона. Проработка предложений экспериментов на ускорительном комплексе ЛФВЭ на выведенных пучках Нуклотрона и коллайдере NICA. Изучение структуры короткодействующих нуклон-нуклонных корреляций и кластерной структуры ядер на пучках ионов, поляризованных протонов и дейтронов на внутренней мишени Нуклотрона. Исследование процессов в области больших p_T ($p_T \geq 1$ GeV/c) в предкумулятивной и кумулятивной кинематических областях на установках СПИН и ФОДС.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	NA61/SHINE	Малахов А.И. *Заместители:* Дмитриев А.В. Зайцев А.А.	02-1-1087-1-2012/2028
2.	СКАН-3	Афанасьев С.В. *Заместитель:* Дряблов Д.К.	02-1-1087-2-2017/2027

Проекты:

Наименование проекта Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководители проекта	Сроки реализации Статус
1. NA61/SHINE	**Малахов А.И.** *Заместители:* **Дмитриев А.В.** **Зайцев А.А.**	2012-2028 Модернизация Изготовление Анализ статистики

ЛФВЭ Бабкин В.А., Буряков М.Г., Головатюк В.М., Киреев В.А., Колесников Р.Ю., Матвеев В.А., Мелкумов Г.Л., Румянцев М.М.

ЛЯП Лыкасов Г.И., Любушкин В.В., Попов Б.А., Терещенко В.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Основные физические цели проекта включают в себя: поиск критической точки второго порядка на фазовой диаграмме КХД (поиск немонотонного поведения сигнатур критических точек, таких как флуктуации поперечного импульса и множественности, сигнал интермиситти и т.д., когда система замерзает вблизи критической точки), изучить свойства начала деконфайнмента (поиск возникновения структур «horn», «kink», «step» и «dale» при столкновениях легких ядер). Программа исследования сильных взаимодействий основана на сканировании пучками легких и промежуточных ядер (от p + p до Xe + La) с импульсами в диапазоне 13A - 158A ГэВ/c.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Анализ данных эксперимента NA61/SHINE (SPS, ЦЕРН).

Исследования рождения адронов в адрон-ядерных взаимодействиях.

Изучение образования очарованных адронов (в основном D-мезонов) при взаимодействии тяжелых ионов с целью получения новых данных о среднем количестве очарованных кварк-антикварковых пар и понимания механизма рождения открытого очарования.

Получение данных для прецизионного вычисления спектров и потоков нейтрино в ускорительных экспериментах по изучению нейтринных осцилляций.

Завершение модернизации TOF-системы.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Обработка и анализ экспериментальных данных, полученных на установке NA61/SHINE по p+p, Be+Be, Ar+Sc, O+O, Pb+Pb столкновениям.

Проведение экспериментальных исследований на пучке релятивистских ядер свинца.

Исследование образования антиядер в Ar+Ca и Xe+La столкновениях.

Изучение образования очарованных адронов при взаимодействии тяжелых ионов с целью понимания механизма рождения открытого очарования.

2. СКАН-3

Афанасьев С.В.
Заместитель:
Дряблов Д.К.

2017-2027

Модернизация
Изготовление
Анализ статистики

ЛФВЭ Анисимов Ю.С., Балдин А.А., Балдина Э.Г., Вартик В., Кильчаковская С.В., Кречетов Ю.Ф., Кутинова О.В., Парайпан М., Сакулин Д.Г., Смирнов В.А., Сухов Е.В., Устинов В.В., Устинов В.В., Харьюзов П.Р.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен на изучение высоковозбужденного ядерного вещества, образующегося в ядрах в результате dA взаимодействия. Исследование этого состояния проводится путем наблюдения распада возбужденного ядра на пару энергичных частиц, испускаемых под углом, близким к 180^0 с энергетическим разрешением 4-5 МэВ. Программа по физике включает изучение образования η- и Δ–ядер и определение энергий связи и ширины квазисвязанных состояний.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Модернизация установки СКАН.

Подготовка эксперимента для исследования поведения нуклонных резонансов и нуклонных флуктуаций в ядрах, для поиска и изучения свойств связанного состояния η-мезона в ядерной материи.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Испытание трехплечевого магнитного спектрометра СКАН.

Проведение физического сеанса на внутреннем пучке нуклотрона по программе проекта.

Анализ экспериментальных данных.

Активности темы:

Наименование активности Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководитель	Сроки реализации Статус
1. Эксперимент БЕККЕРЕЛЬ2023	**Зарубин П.И.** *Заместитель:* **Зайцев А.А.**	2024-2027 Набор данных Анализ статистики

ЛФВЭ Артеменков Д.А., Корнегруца Н.К., Натарджан М., Рукояткин П.А., Русакова В.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Эксперимент БЕККЕРЕЛЬ нацелен на решение актуальных проблем физики ядерных кластеров. Используемый метод ядерной эмульсии (ЯЭ) позволяет благодаря уникальной чувствительности и пространственному разрешению изучать в едином подходе множественные конечные состояния, возникающие в диссоциации релятивистских ядер. Прогресс в этом направлении опирается на компьютеризованную микроскопию.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Поиск и изучение состояния Хойла и более сложных состояний ядерно-молекулярного в диссоциации легких ядер.

Исследование изотопического состава фрагментации тяжелых ядер.

Внедрение автоматизированных микроскопов, а также совершенствование технологии ЯЭ.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Анализ данных, полученных в процессе облучения эмульсии ядрами Xe (NICA/Нуклотрон) и Kr (GSI) для изучения распадов ^{8}Be, состояния Хойла и сопровождающих α-ансамблей и поиск 4α-конденсата.

Оценка параметров сопровождающих реакцию нейтронов.

Освоение идентификации по многократному рассеянию изотопов He и H на моторизованном микроскопе.

Поиск изобар-аналоговых состояний ^{8}Be и ^{9}B в облучении ^{9}Be и ^{10}C.

Освоение идентификации ансамблей остановившихся α-частиц во фрагментации ядер из состава эмульсии под действием релятивистских частиц.

2. Эксперимент ФАЗА-3 для регистрации ядерных фрагментов	**Авдеев С.П.**	2024-2027 Модернизация Изготовление Анализ статистики

ЛЯП Стегайлов В.И.

ЛЯР Козулин Э.М., Стрекаловский О.В.

ЛФВЭ Абраамян Х.У., Игамкулов З.А., Карч В., Корнюшина Л.В., Рукояткин П.А., Садыгов З.А.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Анализ экспериментальных данных о процессе множественной эмиссии фрагментов промежуточной массы на пучках релятивистских легких ионов с помощью *4π*-установки ФАЗА-3 для регистрации ядерных фрагментов.

Проведение анализа данных для установления механизма мультифрагментации и получения новой информации об ядерных фазовых переходах «жидкость-туман» и «жидкость-газ».

Исследование свойств горячих ядер, образующихся в соударениях легких релятивистских ионов с тяжелыми мишенями.

Создание детекторной системы для регистрации делящихся гиперядер.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Анализ экспериментальных данных в рамках статистических и динамических моделей.

Подготовка нового проекта.

3. Использование тяжелых и легких ионов для прикладных исследований — **Малахов А.И.** — 2024-2027

Реализация
Изготовление
Набор данных

ЛФВЭ Агапов Н.Н., Анисимов Ю.С., Балдин А.А., Балдина Э.Г., Дряблов Д.К., Парайпан М.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Анализ результатов облучения биологических объектов в соответствии с соглашением о сотрудничестве ОИЯИ-БАН.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Использование тяжелых и легких ионов для прикладных исследований.

4. Модернизация оборудования установки «Станция внутренних мишеней Нуклотрона» — **Афанасьев С.В.**, **Колесников Р.Ю.** — 2024-2027

Модернизация
Набор данных

ЛФВЭ Анисимов Ю.С., Вартик В., Дряблов Д.К., Дубинчик Б.В., Кузнецов А.С., Кузнецов С.Н., Сакулин Д.Г.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Замена электроники управления работой мишени с системы КАМАК на современные промышленные стандарты. Создание программного обеспечения под новую электронику.

Изготовление мишени на основе изотопа углерода ^{13}C.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Подготовка станции для работы в сеансе Нуклотрона.

5. Испытания детекторов для измерения и контроля светимости на коллайдере NICA — **Мильнов Г.Д.** — 2024-2027

Разработка и испытания прототипов

ЛФВЭ Абраамян Х.У., Бокова Т.Ю., Игамкулов З.А., Корнюшина Л.В., Мигулина И.И., Садыгов А.З., Садыгов З.Я., Шокин В.И.

ЛНФ Литвиненко Е.И.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание детектора и разработка алгоритмов для настройки сведения пучка в коллайдере NICA.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Подготовка технического проекта для измерения светимости на коллайдере NICA.

Изготовление двух плоскостей для детектора измерения светимости.

6. Изучение многочастичных корреляций на модернизированной станции внутренних мишеней Нуклотрона — **Ладыгин В.П.** — 2024-2027

Изготовление
Набор данных

ЛФВЭ Волков И.С., Гурчин Ю.В., Исупов А.Ю., Киреев В.А., Ладыгина Н.Б., Волкова К.С., Малахов А.И., Резников С.Г., Терехин А.А., Тишевский А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Изучение многочастичных корреляций является одним из способов изучения динамики ядро-ядерных столкновений. Одна из целей исследований на внутренней мишени Нуклотрона является оценка вклада короткодействующих 2-х нуклонных корреляций для C+A и Xe+A столкновений.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Проведение экспериментальных и теоретических исследований по программе проекта.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Обработка экспериментальных данных, полученных на пучке ^{124}Xe с энергией 3ГэВ/нук., 3.8ГэВ/нук.

7.	**Нейтроноизбыточные ядра на комплексе NICA**	**Бутенко А.В.** **Оганесян Ю.Ц.** **Афанасьев С.В.**	2025-2027 Подготовка проекта

ЛФВЭ Балдин А.А., Вартик В., Дряблов Д.К., Кильчаковская С.В., Колесников Р.Ю., Кузнецов А.С., Кутинова О.В., Малахов А.И., Сакулин Д.Г., Смирнов В.А., Сухов Е.В., Устинов В.В., Устинов Д.В.

ЛЯР Безбах А.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Данный проект представляет собой предложение по поиску формирования лёгких нейтроноизбыточных ядер, в том числе ^{12}He на пучках бустера/нуклотрона ускорительного комплекса NICA. Поиск рождения нейтроноизбыточных ядер будет осуществляться по регистрации распада на остаточное ядро и вторичные нейтроны. Формирование первичного пучка планируется на внутренней мишени бустера с дальнейшим переводом в нуклотрон и выводом в измерительный павильон на экспериментальную установку **FORTUNE** – (**F**acility f**O**r the **R**esearch for **T**otally **U**nusual **N**euteron-rich **E**lements).

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Разработка экспериментальной программы формирования нейтроноизбыточных ядер на ускорительном комплексе NICA и её физическое обоснование. Определение выхода изотопов ^{12}Be в реакции ^{12}C+^{124}Sn=^{12}Be+X на внутренней мишени бустера. Подготовка проекта эксперимента.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Определение выхода изотопов ^{12}Be в реакции ^{12}C+^{124}Sn=^{12}Be+X на внутреннем пучке Нуклотрона. Подготовка проекта эксперимента.

Сотрудничество по теме 1087

Страна или МО	**Город, регион**	**Институт**
Армения	Ереван, ER	ЕГУ
		ННЛА
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ
Болгария	Благоевград, BLG	AUBG
	София, SOF	INRNE BAS
		Inst. Microbiology
		SU
Индия	Джайпур, RJ	UoR
	Мадурай, TN	AC
	Мумбаи, MH	BARC
Италия	Турин, TO	INFN Turin
Казахстан	Астана, AST	ЕНУ
	Караганда, KAR	КарТУ

Страна или МО	Город, регион	Институт
Китай	Пекин, BJ	CIAE
		IHEP CAS
	Ухань, HB	CCNU
Монголия	Улан-Батор, ULN	IPT MAS
Россия	Белгород, BEL	БелГУ
	Владикавказ, SE	Баспик
		СОГУ
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Москва, MOW	МГУ
		НИЦ КИ
		ФИАН
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Санкт-Петербург, SPE	НИИФ СПбГУ
	Смоленск, SMO	СмолГУ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
	Черноголовка, MOS	ИСМАН РАН
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH
Словакия	Братислава, BL	IP SAS
	Кошице, KI	UPJS
Узбекистан	Джизак, JI	ДжГПУ
	Паркент, TO	ИМ Физика-Солнце
	Самарканд, SA	СамГУ

02-1-1088-2009

ALICE
Исследование взаимодействий пучков тяжелых ионов и протонов на LHC

Руководитель темы: Водопьянов А.С.

Участвующие страны и международные организации:
Австрия, Азербайджан, Армения, Болгария, Бразилия, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Индия, Индонезия, Италия, Китай, Куба, Мальта, Мексика, Нидерланды, Норвегия, Пакистан, Перу, Республика Корея, Россия, Румыния, Словакия, США, Таиланд, Турция, Финляндия, Франция, Хорватия, ЦЕРН, Швеция, Шри Ланка, ЮАР, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Экспериментальное исследование взаимодействий тяжелых ионов при релятивистских и ультрарелятивистских энергиях.

Проект по теме:

Наименование проекта Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководитель проекта	Шифр проекта Статус
1. ALICE **Эксперимент на большом адронном коллайдере**	**Водопьянов А.С.** *Заместитель:* Батюня Б.В.	02-1-1088-1-2010/2030 Реализация

ЛФВЭ Арефьев В.А., Астахов В.И., Балдин Н.А., Богословский Д.Н., Борисов А., Бузин С.Г., Бурмасов М.Г., Буряков М.Г., Галоян А.С., Горбунов Н.В., Григорян С.С., Диаз Р.А., Додохов В.Х., Ефремов А.А., Крышень Е.Л., Лобанов В.И., Номоконов П.В., Руфанов И.А., Олекс И.А., Цебаллос С.Ц.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Завершить публикацию результатов одномерного и трехмерного фемтоскопического анализа пар Kch-Kch в столкновениях свинец-свинец при энергии 5,02 ТэВ.

Продолжить одномерный фемтоскопический анализ пар Kch-Kch в p-Pb столкновениях при энергии 5,02 ТэВ с отбором по форме события.

Продолжить одномерный фемтоскопический анализ пар K+K- в p-Pb столкновениях при энергии 5,02 ТэВ.

Начало анализа парциальных волн центральных дифракционных событий в pp-столкновениях при энергиях 5,36 и 13,6 ТэВ.

Применение термической модели для описания спектров pT и эллиптического потока v2 для различных адронов в столкновениях OO и Ne - Ne при энергии 5,36 ТэВ.

Поддержка ALICE GRID в вычислительной системе ОИЯИ.

Участие в сменах и выполнении служебных задач в рамках программы ALICE.

Подготовка публикаций и докладов на конференциях. Участие в обслуживании и эксплуатации установки ALICE. Подготовка предложений по модернизации детектора ALICE: детектор черенковского излучения RICH.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Участие в обработке и анализе экспериментальных данных, подготовка публикаций, представление докладов на конференциях.

Подготовка технического проекта по созданию детектора черенковского излучения RICH.

Участие в обслуживании и эксплуатации детектора ALICE.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Участие в обработке и анализе экспериментальных данных, подготовке публикаций и докладов на конференциях.

Формирование плана работ и задач по подготовке технического проекта черенковского детектора RICH.

Участие в обслуживании и эксплуатации детектора ALICE.

Активности темы:

Наименование активности	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Моделирование физических процессов и анализ экспериментальных данных	**Батюня Б.В.**	2026-2030
		Реализация

ЛФВЭ Борисов А.В., Бурмасов М.Г., Галоян А.С., Григорян С.С., Крышень Е.Л., Кузнецов А.В., Михайлов К.Р., Рогочая Е.П.

ЛТФ Блашке Д., Неделько С.Н., Теряев О.В.

ЛЯП Лыкасов Г.И.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Участие в развитии научной программы ALICE и обработке и анализе экспериментальных данных. Подготовка публикаций и докладов на конференциях.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Обработка и анализ экспериментальных данных по фемтоскопии заряженных каонов, ультра периферических взаимодействий и рождению гиперонов в столкновениях протонов, ядер и ядер с протонами при различных энергиях достижимых на коллайдере LHC.

Подготовка публикаций, доклады на международных конференциях.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Обработка и анализ экспериментальных данных по фемтоскопии заряженных каонов, ультра-периферических взаимодействий и рождения гиперонов в столкновениях протонов, ядер и ядер с протонами при различных энергиях достижимых на коллайдере LHC.

Подготовка публикаций, доклады на международных конференциях.

2. Модернизация, тестирование и поддержка программного обеспечения эксперимента в распределенной компьютерной сети GRID	**Водопьянов А.С.**	2026-2030
		Реализация

ЛФВЭ Батюня Б.В., Рогочая Е.П., Стифоров Г.Г.

ЛИТ Петросян А.Ш.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Обработка и анализ экспериментальных данных проводятся в рамках распределенной компьютерной сети GRID коллаборации ALICE. Модернизация оборудования и программного обеспечения проводятся на постоянной основе. Комплекс ЛИТ ОИЯИ является частью GRID коллаборации ALICE.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Поддержка рабочего состояния части GRID ALICE в ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Поддержка в рабочем состоянии части GRID ALICE в ОИЯИ.

3. Детектор черенковского излучения RICH	**Водопьянов А.С.** **Додохов В.Х.** **Номоконов П.В.**	2026-2030
		Проектирование

ЛФВЭ Арефьев В.А., Астахов В.И., Балдин Н.А., Богословский Д.Н., Бузин С.Г., Буряков М.Г., Горбунов Н.В., Диаз Р.А., Ефремов А.А., Кузнецов А.В., Лобанов В.И., Олекс И.А., Руфанов И.А., Цебаллос С.Ц.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В связи с необходимостью регистрации ливней от пар π-мезонов и одиночных электронов, рождающихся в Pb-Pb и p-p взаимодействиях, необходимо в рамках модернизации детектора ALICE разработать проект нового черенковского детектора.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Подготовка Технического проекта черенковского детектора.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Формирование плана работ и заданий по подготовке проектирования черенковского детектора.

Сотрудничество по теме 1088

Страна или МО	Город, регион	Институт
Австрия	Вена, VIE	SMI
Азербайджан	Баку, BA	НЦЯИ
Армения	Ереван, ER	ННЛА
Болгария	София, SOF	IAPS
		SU
Бразилия	Кампинас, SP	UNICAMP
	Порту-Алегри, RS	UFRGS
	Сан-Паулу, SP	USP
	Санту-Андре, SP	UFABC
Великобритания	Бирмингем, BIR	Ун-т
	Дарсбери, CHS	DL STFC
	Дерби, DBY	Ун-т
	Ливерпуль, MSY	UOL
Венгрия	Будапешт, BUD	Wigner RCP
Германия	Бонн, NRW	UniBonn
	Вормс, RP	ZTT
	Гейдельберг, BW	Ун-т
	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz
		TU Darmstadt
	Мюнстер, NRW	Ун-т
	Мюнхен, BY	TUM
	Тюбинген, BW	Ун-т
	Франкфурт-на-Майне	FIAS
		GU
Греция	Афины, ATH	NKUA
Дания	Копенгаген, CPH	NBI
Индия	Алигарх, UP	AMU
	Бхубанешвар, OD	IOPB
	Гувахати, AS	GU
	Джайпур, RJ	UoR
	Джамму, JK	JU
	Джатни, OD	NISER
	Индор, MP	IIT Indore
	Калькутта, WB	BNC
		SINP

Страна или МО	Город, регион	Институт
		UC
		VECC
	Мумбаи, MH	BARC
		IIT Bombay
	Чандигарх, CH	PU
Индонезия	Джакарта, JK	BRIN
Италия	Алессандрия, AL	DiSIT UPO
	Бари, BA	DIF
		INFN Bari
		Poliba
	Болонья, BO	INFN Bologna
		UniBo
	Брешия, BS	UNIBS
	Верчелли, VC	UPO
	Кальяри, CA	INFN Cagliari
		UniCa
	Катания, CT	INFN Catania
		UniCT
	Леньяро, PD	INFN LNL
	Мессина, ME	UniMe
	Павия, PV	UniPv
	Падуя, PD	INFN Padua
		UniPd
	Рим, RM	CREF
		INFN Rome
		Sapienza
	Салерно, SA	INFN Salerno
	Триест, TS	INFN Trieste
		UniTS
	Турин, TO	INFN Turin
		PoliTO
		UniTo
	Фоджа, FG	UNIFG
	Фраскати, RM	INFN LNF
	Эриче, TP	EMFCSC
Китай	Пекин, BJ	CIAE
	Ухань, HB	CCNU
		HBUT
	Хэфэй, AH	USTC
	Шанхай, SH	SINAP CAS
Куба	Гавана, HAV	CEADEN
Мальта	Мсида, MSD	UM

Страна или МО	Город, регион	Институт
Мексика	Кульякан, SIN	UAS
	Мехико, CDMX	Cinvestav
		UNAM
	Пуэбла, PUE	BUAP
Нидерланды	Амстердам, NH	AUAS
		NIKHEF
	Утрехт, UT	UU
Норвегия	Берген, BGO	HVL
		UiB
	Борре, BRE	USN
	Осло, OSL	UiO
Пакистан	Исламабад, IS	COMSATS
		PINSTECH
Перу	Лима, LMA	PUCP
Республика Корея	Инчхон, INC	Inha
	Каннын, KAG	GWNU
	Пусан, PUS	PNU
	Сеул, SEL	Konkuk Univ.
		SJU
		Yonsei Univ.
	Тэджон, DJN	KIST
	Чонджу, CHN	JBNU
	Чхонджу, COJ	CBNU
Россия	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH
		UPB
	Мэгуреле, IF	ISS
Словакия	Братислава, BL	CU
	Кошице, KI	IEP SAS
		TUKE
		UPJS
США	Беркли, CA	Berkeley Lab
		UC
	Детройт, MI	WSU
	Колумбус, OH	OSU
	Лос-Аламос, NM	LANSCE LANL
	Ноксвилл, TN	UTK
	Нью-Хейвен, CT	Yale Univ.
	Ок-Ридж, TN	ORNL
	Омаха, NE	Creighton Univ.
	Остин, TX	UT
	Сан-Луис-Обиспо, CA	Cal Poly

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Уэст-Лафейетт, IN	Purdue Univ.
	Хьюстон, TX	UH
	Чикаго, IL	CSU
Таиланд	Бангкок, BKK	KMUTT
	Накхонратчасима, NMA	SLRI
		SUT
	Чаченгсау, CCS	TMEC
Турция	Конья, KYA	Karatay Univ.
	Стамбул, IST	IU
		YTU
Финляндия	Йювяскюля, JYV	UJ
	Хельсинки, HEL	HIP
Франция	Вийёрбан, ARA	CC IN2P3
	Гренобль, ARA	LPSC
	Жив-сюр-Иветт, IDF	Irfu
	Лион, ARA	UL
	Нант, PDL	Subatech
	Обьер, ARA	LPCA
	Орсе, IDF	IJCLab
	Страсбург, GES	IPHC
Хорватия	Загреб, ZAG	RBI
		UNIZIG
	Сплит, SPU	UNIST
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН
Швеция	Лунд, M	LU
Шри-Ланка	Моратува, MOR	UOM
ЮАР	Йоханнесбург, GT	WITS
	Кейптаун, WC	iThemba LABS
		UCT
Япония	Вако, WOT	RIKEN
	Нагасаки, NGS	NIAS
	Нара, QNZ	NWU
	Осака, OSA	RCNP
	Сага, SGA	Saga Univ.
	Токай, TOK	JAEA
	Токио, TYO	UTokyo CNS
	Хиросима, HIJ	HU
	Цукуба, TKB	Ун-т

02-1-1096-2010

Изучение редких распадов заряженных каонов и поиск темного сектора в экспериментах на SPS ЦЕРН

Руководитель темы: Кекелидзе В.Д.

Заместители: Пешехонов Д.В.
Мадигожин Д.Т.

Участвующие страны и международные организации:
Бельгия, Болгария, Великобритания, Германия, Испания, Италия, Казахстан, Канада, Мексика, Румыния, Словакия, США, Франция, ЦЕРН, Чили, Швейцария.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Поиск и изучение редких распадов каонов и процессов CP-нарушения. Поиск редких событий с использованием техник beam-dump и missing energy на вторичных пучках SPS ЦЕРН. Поиск явлений за пределами Стандартной модели. Создание и сопровождение детекторов.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	NA62	Кекелидзе В.Д. *Заместитель:* Мадигожин Д.Т.	02-1-1096-1-2010/2027
2.	NA64	Матвеев В.А. Пешехонов Д.В.	02-1-1096-2-2017/2031

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. NA62	**Кекелидзе В.Д.** *Заместитель:* **Мадигожин Д.Т.**	2010-2027 Анализ статистики

ЛФВЭ Баева А.Н., Байгарашев Д., Баутин В. В., Геворгян С.Р., Горбунова В.Н., Гудзовский Е.А., Емельянов Д.Д., Еник Т.Л., Камбар И., Керейбай Д., Короткова А.М., Молоканова Н.А., Поленкевич И.А., Саламатин К.М., Фалалеев В.П., Шкаровский С.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Реализация проекта NA62 позволит значительно продвинуться в понимании проблемы CP - нарушения, точно измерить характеристики сверхредкого распада положительно заряженного каона на пион и два нейтрино, осуществить поиск суперсимметричных частиц и их партнеров с целью обнаружения физики за пределами Стандартной модели, а также уточнить параметры распадов заряженных каонов и гиперонов. Будут сопровождаться в экспериментальных сеансах детекторы магнитного спектрометра высокого разрешения, созданные на базе тонкостенных дрейфовых трубок (строу), работающих в вакууме. Будет продолжена разработка прототипа нового детектора спектрометра с трубками меньшего диаметра для его использования при увеличенной интенсивности пучков. Будет развито программное обеспечение моделирования, обработки и анализа накопленных экспериментальных данных.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Измерение редкого распада заряженного каона на пион и два нейтрино с точностью порядка 10%, что позволит уточнить параметры матрицы Кабиббо-Кобаяши-Маскава и будет решающей проверкой Стандартной Модели.

Дополнительно будут измерены вероятности и другие параметры ряда редких распадов заряженных каонов, что позволит уточнить параметры Киральной Теории Возмущений, описывающей сильные взаимодействия при низких энергиях.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ полученной в эксперименте NA62 информации для измерения вероятности распада заряженного каона на пион и два нейтрино, а также с целью измерения характеристик ряда редких распадов.

Развитие системы калибровки детектора и реконструкции событий в нем; участие в развитии общего программного обеспечения эксперимента.

Участие в сопровождении спектрометра NA62, а также в развитии и сопровождении системы контроля всех детекторов эксперимента.

Участие в разработке строу-детектора для пучков высокой интенсивности.

2. NA64 **Матвеев В.А.** 2017-2031
Пешехонов Д.В.

Изготовление
Набор данных
Анализ статистики

ЛФВЭ Васильева Е.В., Волков П.В., Герценбергер С.В., Гниненко С.Н., Жуков И.А., Иванов А.В., Камбар Ы., Кекелидзе Г.Д., Кирсанов М.М., Крамаренко В.А., Поляков В.А., Саламатин К.М., Щукин Д.А.

ЛЯП Фролов В.Н.

ЛТФ Жевлаков А.С., Красников Н.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Несмотря на активные поиски проявлений темной материи (DM), проводимые на БАК и в экспериментах, не задействующих ускорители, она по-прежнему остается большой загадкой. Еще одна возможность заключается в том, что в дополнение к гравитации взаимодействие между темным сектором и видимой материей, может происходить с помощью нового векторного бозона A' (темный фотон). Вышесказанное послужило толчком к тому, чтобы направить теоретические и экспериментальные усилия на поиск проявлений и порталов взаимодействия между видимым и темным секторами, сменив стратегию с высоких энергий на высокую интенсивность.

Эксперимент NA64 – это эксперимент с фиксированной мишенью на SPS в ЦЕРН. Установка NA64 представляет собой герметичный детектор для поиска проявлений темного сектора (DS) при регистрации событий с недостающей энергией (missing energy) при рассеянии электронов/позитронов, адронов и мюонов на ядрах.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Основной задачей эксперимента NA64 является поиск новой физики за пределами СМ, а именно, поиск легкого темного фотона (A`), гипотетического бозона с массой 16,7 МэВ и других проявлений темного сектора в экспериментах на вторичных пучках электронов и мюонов ускорителя SPS ЦЕРН.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ информации, полученной в ходе сеансов 2024-2026 гг.

Участие в развитии математического обеспечения для онлайн анализа данных, моделирования и реконструкции событий в установках эксперимента.

Подготовка к модернизации экспериментальной установки:

Модернизация электромагнитного калориметра установки NA64e; подготовка к модернизации адронного калориметра установки для работы на мюонном пучке совместно с группами из Цюриха и Падуа; создание лазерной системы мониторинга калориметров совместно с группами из Генуи и Болоньи.

Участие в работах по развитию трековой системы установки и модернизации DAQ, создание охранной системы адронного пучка совместно с группой из Чили.

Сотрудничество по теме 1096

Страна или МО	Город, регион	Институт
Бельгия	Лувен-ля-Нёв, WBR	UCL
Болгария	Благоевград, BLG	SWU

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Пловдив, PLD	PU
	София, SOF	SU
Великобритания	Бирмингем, BIR	Ун-т
	Бристоль, BST	Ун-т
	Глазго, GLG	U of G
	Ланкастер, LAN	LU
Германия	Бонн, NRW	UniBonn
	Майнц, RP	JGU
Испания	Валенсия, V	IFIC-CSIC
Италия	Болонья, BO	INFN Bologna
	Генуя, GE	INFN Genoa
	Неаполь, NA	INFN Naples
	Падуя, PD	INFN Padua
	Перуджа, PG	INFN Perugia
	Пиза, PI	INFN Pisa
	Рим, RM	INFN Rome
		Tor Vergata
	Турин, TO	INFN Turin
	Феррара, FE	INFN Ferrara
	Флоренция, FI	INFN Florence
	Фраскати, RM	INFN LNF
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
Канада	Ванкувер, BC	TRIUMF
		UBC
	Торонто, ON	YU
Мексика	Сан-Луис-Потоси, SLP	UASLP
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH
Словакия	Братислава, BL	CU
США	Аптон, NY	BNL
	Бостон, MA	BU
	Менло-Парк, CA	SLAC
	Мерсед, CA	UCMerced
	Фейрфакс, VA	GMU
Франция	Марсель, PAC	CPPM
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН
Чили	Вальпараисо, VS	USM
	Сантьяго, RM	UNAB СТЕРР
Швейцария	Лозанна, VD	EPFL
	Цюрих, ZH	ETH

02-2-1151-2025

Разработка перспективных детекторов и методов анализа, адронные и редкие лептонные процессы

Руководитель темы: Давыдов Ю.И.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Беларусь, Италия, Китай, Россия, США, Узбекистан, Швейцария, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Прецизионное определение свойств бозона Хиггса и поиска новых физических явлений за пределами Стандартной модели с использованием генераторов Монте-Карло с полным моделированием сигнальных и фоновых событий детектора на CEPC.
Разработка новых детекторов для использования в условиях CEPC и методов их калибровки.

Проект по теме:

	Наименование проекта	**Руководители проекта**	**Шифр проекта**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Разработка физической программы и детекторов для экспериментов на CEPC**	**Давыдов Ю.И.** **Жемчугов А.С.** *Заместители:* **Кульчицкий Ю. А.** **Арбузов А.Б.**	02-2-1151-1-2025/2027 R&D Реализация

ЛЯП Артиков А.М., Атанов Н.В., Атанова О.С., Баранов В.Ю., Бойко И.Р., Бойков А.В., Васильев И.И., Гиня Э., Гладилин Л.К., Гонгадзе А., Гусейнов Н.А., Гуськов А.В., Дадашова А.Э., Дедович Д.В., Доловова О.А., Дыдышко Е.В., Елецких И.В., Ермольчик В.Л., Зимин И.Ю., Калиновская Л.Н., Кампф А.А., Кисеева В.И., Ли Р.Н., Лыкасов Г.И., Любушкин В.В., Любушкина Т.В., Малышев В.Л., Плотникова Е.М., Прохоров А.А., Рогозин В.А., Румянцев Л.А., Садыков Р.Р., Сапронов А.А., Симоненко А.В., Суслов И.А., Терешко П.В., Тропина А.Д., Чохели Д., Шалюгин А.Н.

ЛТФ Бондаренко С.Г., Бытьев В.В., Возная У.Е., Зыкунов В.А., Нурышева А.Л., Савина М.В.

ЛФВЭ Ахмадов Ф.Н., Будковский Д.В., Голунов А.О., Ершов Ю.В., Жижин И.А., Каржавин В.Ю., Козлов Д.Н., Ланев А.В., Перелыгин В.В.,Чмиль В.Б., Шалаев В.В.

ЛИТ Войтишин Н.Н., Кодолова О.Л., Корсаков Ю.В. Никитенко А.Н., Олейник Д.А., Пелеванюк И.С., Петросян А.Ш., Слижевский К.В., Шматов С.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Открытие бозона Хиггса на LHC ознаменовало начало новой эры в физике высоких энергий. Предложенная в Китае программа создания кольцевого электрон-позитронного коллайдера (CEPC) с периметром по окружности 100 км нацелена на проведение беспрецедентно прецизионных измерений характеристик бозона Хиггса, проверку предсказаний электрослабой теории, физики ароматов, КХД и исследования новой физики за пределами Стандартной модели (СМ).

Целями данного проекта являются подготовка предложений в программу исследований свойств бозонов Хиггса, изучение их экзотических распадов и поиск новых физических явлений за пределами СМ, участие в разработке программного обеспечения, а также выполнение серии исследований новых детекторов для дальнейшего использования в экспериментах на CEPC.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Исследование процессов $e^+e^- \to ZX$ с целью прецизионного определения свойств бозонов Хиггса, изучение их экзотических распадов и поиск новых физических явлений за пределами СМ с использованием генераторов Монте-Карло. Теоретическая поддержка в развитии физической программы, создание передовых инструментов Монте-Карло моделирования, оценка светимости коллайдера.

Создание и исследование прототипов систем детекторов, разработка методов их калибровки на основе алгоритма потока частиц.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Оценка сечений и потенциала наблюдения процессов с рождением частиц темной материи χ в модели с расширенным хиггсовским сектором 2HDM+a, в частности процессов $e^+e^- \to Zh_{125} \to l^+l^- + 2a,\ a \to \chi\chi$ при энергиях 240 и 360 ГэВ на CEPC и FCC-ee.

Выпуск новой версии компьютерной программы ZFITTER с учетом радиационных поправок высших порядков за счет излучения из начального состояния. Численный анализ эффектов с учетом этих поправок в условиях экспериментов на коллайдерах CEPC и FCC-ee.

Анализ эффектов эволюции Балицкого-Фадина-Кураева-Липатова в КЭД и построение соответствующих теоретических предсказаний для их наблюдения на CEPC и FCC-ee.

Исследование радиационной стойкости элементов электромагнитного и адронного калориметров. Создание прототипов мюонного детектора и электромагнитного и адронного калориметров и исследование их параметров.

Активности темы:

	Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Эксперимент Mu2e**	**Давыдов Ю.И.**	2024-2027
			R&D Реализация

ЛЯП Артиков А.М., Атанов Н.В., Атанова О.С., Баранов В.Ю., Бойков А.В., Васильев И.И., Глаголев В.В., Зимин И.Ю., Суслов И.А.

ЛТФ Козлов Г.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Эксперимент Mu2e посвящен поиску процесса с нарушением лептонного числа для заряженных лептонов $\mu^- N \to e^- N$, в котором мюон когерентно переходит в электрон в поле ядра. При наличии массы у нейтрино данный процесс возможен, но остается ненаблюдаемым, т.к. вероятность пропорциональна $(\Delta m^2_{ij}/M^2_W)^2$, где Δm^2_{ij} - разница квадратов масс i-ой и j-ой нейтринных собственных состояний, а M_W - масса W-бозона. Предсказанная вероятность для процесса $\mu^- N \to e^- N$ составляет ~ 10^{-50}. Этот процесс является теоретически безупречными объектом при поиске новой физики. Во многих моделях новой физики, включающих массивные нейтрино, вероятности этих процессов существенно увеличиваются и становятся доступными для наблюдений.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Наборы данных будут проведены в два этапа с интервалом в два года. В процессе первого набора планируется набрать 6×10^{16} остановившихся мюонов. В случае отсутствия событий $\mu^- \to e^-$ конверсии будет установлен новый предел на этот процесс $R_{\mu e} < 6.2\times10^{-16}$ (90% CL), на три порядка понижающий существующий в настоящее время предел $R_{\mu e} < 7\times10^{-13}$ (90% CL), установленный экспериментом SINDRUM II.

Во втором этапе набора данных планируется понизить предел на $\mu^- \to e^-$ конверсию еще на порядок.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Участие в разработке программного обеспечения для анализа данных с пучком мюонов.

Удаленное участие в наборе данных на космике и на пучке мюонов в конце 2027 года.

2.	**Эксперимент MEG II**	**Хомутов Н.В.**	2024-2027
			Набор данных Обработка данных

ЛЯП Кравчук Н.П., Малышев В.Л., Рождественский А.М.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Стандартная модель (СМ) физики частиц предсказывает исчезающе малую вероятность ($<10^{-50}$) процессов, нарушающих сохранение лептонного числа для заряженных лептонов. Поэтому обнаружение подобных процессов является абсолютным указанием на наличие новой физики за пределами СМ, а их отсутствие накладывает ограничение на выходящие за рамки СМ теории. Распад $\mu^+ \to e^+ \gamma$ особенно чувствителен к такой новой физике. Эксперимент MEG II - это вторая фаза эксперимента MEG по поиску распада $\mu^+ \to e^+ \gamma$ на высокоинтенсивном (7×10^7 мюонов/с) пучке ускорителя HIPA в PSI (Швейцария).

Благодаря глубокой модернизации установки планируется улучшить полученную ранее в первой фазе эксперимента рекордную верхнюю границу вероятности распада примерно на порядок.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Обработка полного массива данных, набранных в 2021-2026 гг. Если распад $\mu^+ \to e^+ \gamma$ не будет обнаружен, будет улучшено существующее ограничение на вероятность распада $B(\mu^+ \to e^+ \gamma) < 4{,}2 \times 10^{-13}$ (90% C. L.) до уровня $\sim 6{,}0 \times 10^{-14}$.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Окончание набора экспериментальных данных на установке MEG-II и начало обработки полного массива данных, набранных в 2021-2026 гг.

Публикация промежуточных результатов.

Сотрудничество по теме 1151

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	ИРП
		ИФ
Беларусь	Минск, MI	ИФ НАНБ
		ИЭ НАНБ
		НИИ ЯП БГУ
Италия	Пиза, PI	INFN Pisa
	Фраскати, RM	INFN LNF
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS
	Циндао, SD	SDU
	Шанхай, SH	Fudan
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Москва, MOW	ВШЭ
	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН
США	Батавия, IL	Fermilab
Узбекистан	Самарканд, SA	СамГУ
Швейцария	Филлиген, AG	PSI
Япония	Токио, TYO	UTokyo ICEPP

Эксперименты на ускорительном комплексе NICA

02-1-1086-2009

Странность в адронной материи и исследование неупругих реакций вблизи кинематических границ

Руководители темы: Строковский Е.А.
Кокоулина Е.С.
Кривенков Д.О.

Участвующие страны и международные организации:
Беларусь, Египет, Израиль, Индия, Куба, Россия, Словакия, США.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Странность в адронной материи и исследование граничных эффектов:
– исследование стабилизирующих эффектов странности в ядерной материи и свойств легчайших гиперядер;

– исследование многочастичной динамики в неупругих протон-протонных и протон-ядерных взаимодействиях в области большой множественности и поиск коллективных явлений в этой области;

– исследования выхода и спектров мягких фотонов в дейтрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях, исследование короткодействующих двухнуклонных корреляций (КДК).

Проект по теме:

	Наименование проекта	**Руководители проекта**	**Шифр проекта**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**HyperNIS-SRC** **Странность в гиперядрах и короткодействующие двухнуклонные корреляции**	**Кривенков Д.О.** **Лукстиньш Ю.** *Заместитель:* **Пацюк М.А.**	02-1-1086-1-2025/2029 Реализация Набор данных
1.1.	**Эксперимент HyperNIS**	**Кривенков Д.О.** **Лукстиньш Ю.**	Реализация Набор данных

ЛФВЭ Аверьянов А.В., Аксиненко В.Д., Атовуллаев Т., Атовуллаева А., Базылев С.Н., Воронин А.Л., Герценбергер С.В., Грищенко Д.Н., Дементьев Д.В., Короткова А.М., Мурин Ю.А., Охрименко О.В., Парфенова Н.Г., Пацюк М.А., Пляшкевич С.Н., Рукояткин П.А., Саламатин А.В., Слепнев В.М., Слепнев И.В., Тарасов Н.А., Терлецкий А.В., Федюнин А.А., Филиппов И.А., Хворостухин А.С., Черепанов С.С., Шереметьев А.Д., Шипунов А.В., Шитенков М.О.

ЛЯП Попов Б.А., Терещенко В.В., Терещенко С.В.

СГИ Парфенов А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Изучение свойств самых легких гиперядер является актуальной темой ядерной физики и имеет большое научное значение. Пучки Нуклотрона являются подходящими для исследования таких задач. Изучение свойств нейтроноизбыточных гиперядер представляет большой интерес, прежде всего, для теории внутриядерных нуклон-нуклонных взаимодействий: нейтронного гало, ΛN-взаимодействий, включая ΛN - ΣN и зависящее от спина взаимодействие ΛN и т.д. Особый интерес к этому исследованию обусловлен отсутствием достоверных данных о свойствах ${}_{\Lambda}{}^{6}\mathrm{H}$ и противоречивых теоретических предсказаниях, которые сильно зависят от используемой теоретической модели. В этом же эксперименте будут изучаться времена жизни и сечения рождения гиперядер ${}_{\Lambda}{}^{4}\mathrm{H}$ и ${}_{\Lambda}{}^{3}\mathrm{H}$, которые могут быть использованы как «контрольные точки» для подтверждения образования и распада ${}_{\Lambda}{}^{6}\mathrm{H}$.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Разрешение вопроса о существовании гиперядра ${}_{\Lambda}{}^{6}\mathrm{H}$.

Новые экспериментальные данные о свойствах легчайших гиперядер и проверка экспериментом теоретических моделей для этих гиперядер.

Новые экспериментальные данные о положении границы стабильности (drip-line) для нейтроно-избыточных легких гиперядер, необходимые для развития теории нейтроно-избыточных гиперядер и моделей их рождения в нецентральных ядро-ядерных взаимодействиях.

Новые экспериментальные данные по фоторождению странности и векторных мезонов (в том числе, содержащих странные кварки) поляризованными фотонами (вблизи соответствующих порогов).

Создание универсального спектрометра для возможного участия внешних потребителей пучка Нуклотрона.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Восстановление канала транспортировки пучка 4В в корпусе 205 ЛФВЭ.

Тестовый сеанс на легких ядрах с целью проверки канала транспортировки пучка и работы спектрометра ГиперНИС. Набор данных для поиска $_{\Lambda}{}^{6}$H в пучке ядер ^{7}Li. Анализ первых экспериментальных данных по поиску гиперядра $_{\Lambda}{}^{6}$H и измерению времени жизни изотопов гиперводорода $_{\Lambda}{}^{6}$H и $_{\Lambda}{}^{4}$H.

Модернизация магнитного спектрометра ГиперНИС (трековая система) за счет добавления плоскостей GEM-детекторов. Эти детекторы, которые уже частично закуплены и тестируются на установке ГиперНИС сотрудниками СФСКЯ, будут интегрированы в установку для улучшения точности определения вершины распада гиперядер. Моделирование оптимальной геометрии совместных детекторов (для экспериментов HyperNIS и SRC). Обновление системы сбора данных. Изготовление и установка нового времяпролетного детектора (RPC).

В рамках сотрудничества с Японией, набор данных на установках LEPS/LEPS2 по фоторождению странности и векторных мезонов (в том числе, содержащих странные кварки) поляризованными фотонами (вблизи соответствующих порогов) и анализ ранее накопленных данных об этих реакциях.

1.2. Эксперимент SRC **Пацюк М.А.**

Подготовка проекта Анализ данных

ЛФВЭ Аверьянов А.В., Аксиненко В.Д., Атовуллаев Т., Атовуллаева А., Бочкова А.Г., Грищенко Д.Н., Кривенков Д.О., Милой М., Охрименко О.В., Пляшкевич С.Н., Рукояткин П.А., Саламатин А.В., Черепанов С.С.

ЛЯП Терещенко В.В., Узиков Ю.Н.

ЛТФ Ларионов А.Б.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Свойства ядер определяются взаимодействием их составляющих: нуклонов в области низкого разрешения и кварками и глюонами в области высокого разрешения. Соотношение между двумя этими подходами во многих случаях нетривиально. Короткодействующие двухнуклонные корреляции (КДК) имеют отношение к обоим энергетическим режимам.

КДК представляют из себя сильно взаимодействующие пары нуклонов, которые образуются на короткий промежуток времени. Нуклоны в этом состоянии находятся на расстоянии, сравнимым с радиусом нуклона, и обладают более высокими импульсами, чем нуклоны среднего поля. Эксперименты по электронному рассеянию показали, что КДК имеют важное далеко идущее влияние на описание многочастичных систем, нуклон-нуклонное взаимодействие и структуру нуклона.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Следующий эксперимент, подготовка к которому ведется в настоящее время, будет использовать тензорно-поляризованный дейтронный пучок Нуклотрона и оборудование, имеющееся в распоряжении в ЛФВЭ ОИЯИ. Планируется изучать реакцию жесткого рассеяния поляризованных дейтронов на жидководородной мишени в кинематике, типичной для КДК. Используя пучок с импульсом 6 ГэВ/с/нуклон, будут выбираться взаимодействия с $|t, u| > 1$ $(GeV/c)^2$ и углом рассеяния в системе центра масс около 90 градусов. Отбор совпадений в обоих плечах специализированного спектрометра позволит идентифицировать два протона конечного состояния в реакции p(d,2p)n. Одновременная регистрация нейтрона отдачи из жесткого рассеяния дейтрона также будет возможна. Двухплечевой спектрометр будет использоваться такой же как в 2022 году для измерения SRC/BM@N.

Регистрация нейтрона отдачи потребует использования нейтронного детектора на пучке. Важно отметить, что установка необходимого детектирующего оборудования для запланированного эксперимента на экспериментальной зоне ГиперНИС не станет помехой для существующего экспериментального оборудования ГиперНИС. Кроме того, для исследований КДК необходимо более сильное магнитное поле, чем имеющееся в анализирующем магните установки ГиперНИС. Поэтому будет необходимо установить на площадку ГиперНИС второй дипольный магнит СП-40 или заменить существующий более сильным.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ полученных ранее в эксперименте SRC на BM@N данных.

Оценка импульсного разрешения магнитного спектрометра ГиперНИС в перспективе решения задач эксперимента SRC.

Разработка технического задания на создание установки для эксперимента SRC на площадке ГиперНИС.

Активность темы:

	Наименование активности	**Руководитель**	**Сроки реализации**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**NEMAN**	**Кокоулина Е.С.**	2025-2027
			Подготовка проекта Набор данных

ЛФВЭ Гаврищук О.П., Дунин В.Б., Попов В.В., Синельщикова С.Е., Токарев М.В.

ЛТФ Арбузов А.Б., Быстрицкий Ю.А., Зыкунов В.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В физике высоких энергий обычно анализируются события, для которых отклонение от средней множественности не превышает двух средних значений. События с большей множественностью происходят крайне редко, поэтому набрать для них большую статистику затруднительно, кроме того, возникают трудности при их обработке. При планировании любого эксперимента выполняется моделирование, но, несмотря на то что количество Монте-Карло генераторов увеличивается с каждым годом, их предсказания значительно отклоняются в области большой множественности. Изучение событий с образованием большого числа вторичных частиц позволит более глубже понять сильные взаимодействия, в том числе стадию адронизации.

В области большой множественности предсказывается ряд коллективных явлений, имеющих квантовую природу, такие как образование пионного (Бозе-Эйнштейна) конденсата, повышенный выход мягких (менее 50 МэВ) фотонов, черенковское излучение кварков и другие. В этой области продольная компонента импульса приближается к поперечной, достигая её. Это свидетельствует об исчезновении эффекта лидирования, причем в этой же области, по-видимому, начинается образование конденсата. Эти коллективные явления могут быть изучены на будущем коллайдере NICA в проекте SPD. Проект SPD нацелен на изучение глюонной составляющей нуклона. Изучение процессов с большой множественности в модели глюонной доминантности, развиваемой в ОИЯИ, позволит получить дополнительные знания о глюонной составляющей нуклона и её вкладе в односпиновую асимметрию AN и адронизацию.

Экспериментальные данные, полученные с поляризованными пучками, содержат уникальную информацию о сильных взаимодействиях, которая важна для понимания механизма конфайнмента, происхождении масс кварков и адронов, а также происхождения самих поляризационных эффектов. Одной из моделей, объясняющих ряд поляризационных явлений в квантовой хромодинамике, включая природу односпиновых асимметрий адронов, является модель хромомагнитной поляризации кварков (ХПК), развиваемая В.В. Абрамовым (НИЦ «Курчатовский институт»). Согласно этой модели ответственной за появление односпиновой асимметрии являются кварки-спектаторы и морские кварки.

В эксперименте BRAHMS на коллайдере RHIC, BNL была измерена односпиновая асимметрия AN в p↑p соударениях для инклюзивного образования π^+ and π^- мезонов. Было обнаружено значительное увеличение AN (почти двукратное) в области повышенной множественности. Развиваемая модель глюонной доминантности (МГД) позволит выяснить, каким образом на этот рост влияет увеличение множественности. Согласно МГД сточником большой множественности является глюонная компонента, в отличие от модели Абрамова ХПК, эта компонента является предшествующей образованию кварков «моря». Её фрагментация в кварк-антикварковые пары создает повышенный уровень напряженности хромомагнитного поля.

Описание динамики множественного рождения в протонных соударениях в рамках МГД позволяет учитывать стадию кварк-глюонного каскада, описываемую по теории возмущений КХД и дополненную, основанной на экспериментальных данных стадией адронизации. Изучение этих процессов позволит продвинуться к пониманию роста односпиновай асимметрии в области повышенной множественности как в адронных, так и в ядерных взаимодействиях

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Подготовка физической программы по изучению коллективных явлений в области большой множественности в протонных и дейтериевых взаимодействиях на установке SPD на коллайдере NICA.

Развитие модели глюонной доминантности (МГД) для изучения коллективного поведения вторичных частиц в событиях с большой множественностью при энергиях будущего коллайдера NICA на установке SPD. Оценки вклада тормозного излучения кварками глюонов и деления глюонов, как основные доминирующие элементарные КХД-процессы в области большой множественности с неполяризованными и поляризованными пучками. Оценки параметров адронизации различных адронов.

Детальное изучение экспериментальных данных по множественности в e^+e^- аннигиляции в доступной энергетической области (от нескольких ГэВ до 200 ГэВ) для обнаружения смены механизмов множественного рождения (не исключая фазовые переходы) на стадии кварк-глюонного каскада и смене механизмов адронизации в области высоких энергий.

Модификация МГД для описания множественного рождения в адронных (pp, dp и dd) и ядерных взаимодействиях для понимания возрастания односпиновой асимметрии в области большой множественности. Также выполнить исследование глюонной компоненты, оценить соотношение вкладов тормозного излучения кварков и деления глюонов и их влияние на рост AN. Использование Монте-Карло генераторов в области низких энергий до 10 ГэВ на установке NICA не согласуется с данными по большой множественности предшествующего эксперимента на установке СВД-2 в ИФВЭ при энергии $\sqrt{s}$= 9.7 ГэВ, они недооценивают топологические сечения на три порядка величины и более.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Закончить изучение поведения кварковых и глюонных струй, а также стадии адронизации в процессе в e^+e^- аннигиляции в доступной энергетической области. Рассчитать для распределений по числу глюонов и адронов их факториальные моменты, Fk, факториальные кумулянты, Kk, и их отношения, Hk = Kk / Fk , до ранга 4-5 и выше в области от 9.4 до 189 ГэВ. Построить графики их энергетической зависимости. Из анализа их поведения сделать выводы об изменениях в механизме множественного рождения на кварк-глюонной стадии и стадии рождения конечных адронов.

Получить предварительные указания на влияние глюонной компоненты на рост односпиновой асимметрии. Учесть механизм множественного рождения для проявления поляризационных явлений в области большой множественности.

Сотрудничество по теме 1086

Страна или МО	Город, регион	Институт
Беларусь	Гомель, HO	ГГТУ
		ГГУ
	Минск, MI	БГУИР
		ИПФ НАНБ
		ИФ НАНБ
Египет	Александрия, ALX	AU
Израиль	Тель-Авив, TA	TAU
Индия	Калькутта, WB	UC
Куба	Гавана, HAV	InSTEC
Россия	Зеленоград, MOW	НИИМВ
	Москва, MOW	Азимут Фотоникс
		НИИЯФ МГУ
		Фомос-Материалы

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Протвино, MOS	ИФВЭ
Словакия	Банска-Бистрица, BC	UMB
США	Кембридж, MA	MIT

02-1-1097-2010

Изучение поляризационных явлений и спиновых эффектов на ускорительном комплексе Нуклотрон-М/NICA ОИЯИ

Руководитель темы: Ладыгин В.П.

Заместители: Пискунов Н.М.
Строковский Е.А.

Участвующие страны и международные организации:
Беларусь, Болгария, Великобритания, Россия, Румыния, Словакия, США, Франция, Швеция, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Поляризационные исследования, несомненно, актуальны в настоящее время. Они объединяют усилия лабораторий ОИЯИ и многих зарубежных лабораторий как стран-участниц, так и стран-неучастниц по разработке и проведению экспериментов с использованием уникальных пучков поляризованных дейтронов с энергиями от 5 МэВ на нуклон до 5,6 ГэВ/н, вторичных пучков поляризованных протонов и нейтронов, а также пучков поляризованных протонов, непосредственно ускоренных в Нуклотроне. Возможность получения пучков ускоренных поляризованных протонов в Нуклотроне без значительных инвестиций, продемонстрированная в 2017 г., стала основой для интенсификации работ по спиновой программе проекта NICA и, в частности, для развития методов поляриметрии, создания новых методов точного управления направлением вращения протонов, дейтронов и других частиц. Эта часть работы по теме напрямую связана с созданием комплекса NICA и отработкой нового подхода к управлению поляризацией в режиме спиновой прозрачности. Несомненный интерес представляет также исследование возможности постановки на модернизированном Нуклотроне и коллайдере экспериментов по измерению ЭДМ и нарушения четности. В рамках темы выполняются два проекта: АЛПОМ-2 и DSS. Ведется подготовка проекта по систематическому изучению спиновых эффектов в процессах рождения странных барионов и векторных мезонов в элементарных реакциях и в холодной плотной ядерной материи при энергиях Нуклотрона с использованием пучков поляризованных и неполяризованных частиц на фиксированной мишени и широкоапертурного магнитного спектрометра. С учетом наличия поляризованных пучков будут получены новые экспериментальные данные по изучению процессов перезарядки в нуклон-ядерном рассеянии, по изучению структуры 2- и 3-нуклонных корреляций в реакциях дейтрон-протонного упругого рассеяния и развала дейтрона путем измерения векторной и тензорных анализирующих способностей в области кора дейтрона, а также других процессов, важных для разработки теоретических моделей, описывающих взаимодействия простейших ядерных систем с учетом релятивизма и вклада мезонной и кварк-глюонной компонент во внутреннее движение конституэнтов в нуклонах.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	АЛПОМ-2	Пискунов Н.М. *Заместители:* Томази-Густафссон Е. Пунджаби В. Шиндин Р.А.	02-1-1097-1-2010/2027
2.	DSS	Ладыгин В.П.	02-1-1097-2-2010/2027

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. АЛПОМ-2	**Пискунов Н.М.** *Заместители:* **Томази-Густафссон Е.** **Пунджаби В.** **Шиндин Р.А.**	2010-2027 Набор и анализ данных Развитие установки

ЛФВЭ Базылев С.Н., Волкова К.С., Гаврищук О.П., Дружинин А.А., Карнюшина Л.В., Кириллов Д.А., Костяева Н.В., Ливанов А.Н., Рукояткин П.А., Ситник И.М., Строковский Е.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В настоящее время необходимы измерения анализирующих способностей протонов и нейтронов в рассеянии на CH_2, CH и других мишенях. Такие данные необходимы для экспериментов, требующих измерения поляризации протонов и нейтронов в ядерных реакциях. Также крайне необходима оптимизация адронной поляриметрии и расширение базы данных по анализирующим способностям как для протонов, так и для нейтронов. Это возможно только в Дубне, где доступны поляризованные пучки протонов и нейтронов получаемыми посредством фрагментации ускоренных поляризованных дейтронов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Исследование анализирующей способности в рассеянии поляризованных протонов (при импульсах до 7.5 ГэВ) и нейтронов (при импульсах до 6 ГэВ) на полиэтилене на установке АЛПОМ-2.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Проведение первых измерений на пучках поляризованных нуклонов.

2. DSS **Ладыгин В.П.** 2010-2027

Набор и анализ данных
Развитие установки

ЛФВЭ Волков И.С., Волкова К.С., Гурчин Ю.В., Исупов А.Ю., Ладыгина Н.Б., Ливанов А.Н., Резников С.Г., Солонбеков М.В., Терехин А.А., Тишевский А.В., Фомичев Н.А., Черных Е.В.

ЛЯП Лыкасов Г.И.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Изучение структуры 2- и 3-нуклонных корреляций в реакциях дейтрон-протонного упругого рассеяния и распада дейтрона путем измерения векторной и тензорных анализирующих способностей в области ядра дейтрона, а также других процессов, важных для разработки теоретических моделей, описывающих взаимодействия простейших ядерных систем с учетом релятивизма и вклада мезонной и кварк-глюонной компонент во внутреннее движение конституэнтов в нуклонах.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Измерение структуры 2-х и 3-х нуклонных корреляций в реакциях дейтрон-протонного упругого рассеяния и безмезонного развала дейтрона в экспериментах на внутренней мишени Нуклотрона.

Измерение сечений и анализирующих способностей данных реакций. Выполнение экспериментов по управлению спинами дейтрона и протона, развитие поляриметрии на внутренней мишени Нуклотрона.

Получение экспериментальных данных по многочастичным корреляциям в ядро-ядерных взаимодействиях.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Завершение анализа данных по анализирующим способностям A_y, A_{yy} и A_{xx} дейтрон-протонного упругого рассеяния при энергиях 400-1800 МэВ. Продолжение анализа по многочастичным корреляциям в Xe+W взаимодействиях.

Получение новых данных на пучках поляризованных дейтронов и протонов на внутренней мишени Нуклотрона.

Публикация полученных результатов по поляриметрии, по дейтронным анализирующим способностям дейтрон-протонного упругого рассеяния и многочастичным корреляциям в ядро-ядерных взаимодействиях.

Активности темы:

Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1. Работы по развитию инфраструктуры и технологий для исследований по спиновой физике на Нуклотроне и других комплексах. Разработка, создание и развитие систем управления поляризацией и поляриметрии, рассмотрение постановок новых экспериментов на поляризованных пучках комплекса NICA	**Бутенко А.В.**	2027-2029 Реализация

ЛФВЭ Аверьянов А.В., Волков И.С., Волкова К.С., Галоян А.С., Дружинин А.А., Кириллов Д.А., Кривенков Д.О., Кузякин Р.А., Куликов М.В., Ладыгин В.П., Ливанов А.Н., Пискунов Н.М., Резников С.Г., Строковский Е.А., Филатов Ю.Н., Фимушкин В.В., Фомичев Н.А., Шиндин Р.А.

ЛЯП Узиков Ю.Н.

ЛТФ Николаев Н.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Возможность получения пучков ускоренных поляризованных протонов в Нуклотроне без значительных инвестиций, продемонстрированная в 2017 г., стала основой для интенсификации работ по спиновой программе проекта NICA и, в частности, для развития методов поляриметрии, создания новых методов точного управления направлением вращения протонов, дейтронов и других частиц. Эта часть работы по теме напрямую связана с созданием комплекса NICA и отработкой нового подхода к управлению поляризацией в режиме спиновой прозрачности. Несомненный интерес представляет также исследование возможности постановки на модернизированном Нуклотроне и коллайдере экспериментов по измерению ЭДМ и нарушения четности.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Развитие инфраструктуры для проведения спиновых исследований на комплексе Нуклотрон-М/NICA и других установках.
Подготовка концептуальных и технических проектов систем управления спином и поляриметрии.
Проведение анализа возможности постановки новых экспериментов с поляризованными пучками протонов и дейтронов на комплексе NICA, в частности, по поиску EDM.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Создание проекта размещения элементов поляриметрии диагностики пучков и управления поляризацией на участке SPD кольца коллайдера NICA.
Тестирование детекторов поляриметра в фокусе ФЗ на пучке поляризованных нуклонов.
Подготовка первоочередных экспериментов на пучках поляризованных дейтронов и протонов.

2. Подготовка проекта по изучению спиновых свойств странных барионов и мезонов в холодной плотной ядерной среде **Ладыгин В.П.** 2027-2028

Подготовка проекта

ЛФВЭ Апарин А.А., Климанский Д.И., Ливанов А.Н., Лыонг Б.В., Недорезов Е.В., Панюшкина С.С., Суарез Энг О., Шандов М.М., Шиндин Р.А.

ЛЯП Усов Ю.А.

ЛИТ Войтишин Н.Н., Дереновская О.В.

ЛТФ Жевлаков А.С., Исадыков А.Н., Прохоров Г.Ю., Теряев О.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Данные по рождению векторных мезонов, полученные в различных реакциях в BNL, KEK и GSI, показывают сильное поглощение мезонов ядерной средой, а также изменение их масс и ширин. Новой важной наблюдаемой является спиновая выстроенность векторных мезонов и зависимость ее величины от свойств плотной материи. Измеренное в BNL возрастание величин глобальной поляризации гиперонов при уменьшении энергии сталкивающихся ядер также требует дальнейших экспериментов при энергиях Нуклотрона.
Целью нового проекта является систематическое изучение спиновых эффектов в процессах рождения странных барионов и векторных мезонов в элементарных реакциях и в холодной плотной ядерной материи при энергиях Нуклотрона с использованием пучков поляризованных и неполяризованных частиц на фиксированной мишени и широкоапертурного магнитного спектрометра.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Будет выполнено Монте-Карло моделирование с использованием нескольких генераторов событий для основных физических процессов в энергетическом диапазоне Нуклотрона в кинематике с фиксированной мишенью для различных сталкивающихся систем.

Будет подготовлен план по компоновке эксперимента детекторными системами, проведена оценка требуемой точности регистрации сигналов и возможности выделения физического сигнала от фона.

Будут проведены тестовые работы по разработке и созданию перспективных детекторов и систем считывающей электроники для них.

Будут подготовлены письмо о намерениях, концептуальный и технический проекты эксперимента на фиксированной мишени на выведенных и вторичных пучках Нуклотрона, направленный на исследование свойств холодной барионной материи, включая спиновые и поляризационные эффекты.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Монте-Карло моделирование нуклон-нуклонных и нуклон-ядерных столкновений при энергиях Нуклотрона, сравнение с существующими экспериментальными результатами, полученными ранее в BNL, CERN и GSI.
Подготовка концепции детектора для реализации предложенной экспериментальной программы.

3. Эксперименты по программе СТРЕЛА на поляризованном пучке дейтронов — **Пискунов Н.М.** — 2027-2028

Набор данных

ЛФВЭ Базылев С.Н., Волкова К.С., Дружинин А.А., Карнюшина Л.В. Кириллов Д.А., Костяева Н.В., Ситник И.М., Шиндин Р.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проведение экспериментальных работ по измерению реакции перезарядки на пучке поляризованных дейтронов в диапазоне энергий Нуклотрона.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Проведение измерений на пучках поляризованных и неполяризованных дейтронов в интервале от 3 до 6 ГэВ/с.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Подготовка детекторов установки Стрела к первым измерениям в экспериментальной зоне в фокусе Ф5 канала ВП-1 корпуса 205.

4. Расчеты поляризационных характеристик процессов — **Лукьянов В.К** (ЛТФ) — 2027-2028

Анализ данных

ЛФВЭ Иерусалимов А.П., Ладыгина Н.Б.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Разработка теоретических моделей, описывающих структуру легких ядер и взаимодействия простейших ядерных систем с учетом релятивизма и вклада нуклон-мезонной и кварк-глюонной компонент во внутреннее движение конституэнтов в нуклонах.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Описание экспериментальных данных по сечениям и поляризационным наблюдаемым в реакциях с участием легких ядер, в том числе и полученных на ускорительном комплексе Нуклотрон-M/NICA.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Описание экспериментальных данных по дейтронным анализирующим способностям дейтрон-протонного упругого рассеяния при промежуточных энергиях.
Анализ поляризационных наблюдаемых в реакциях рождения пионов в нуклон-нуклонных столкновениях при энергиях Нуклотрона.

Сотрудничество по теме 1097

Страна или МО	Город, регион	Институт
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ
Болгария	София, SOF	UCTM
Великобритания	Глазго, GLG	U of G
Россия	Белгород, BEL	БелГУ

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Москва, MOW	НИЦ КИ
		ФИАН
	Новосибирск, NVS	НТЛ "Заряд"
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
		ЛФМП ФИАН
Румыния	Бухарест, B	INCDIE ICPE-CA
Словакия	Братислава, BL	IP SAS
	Жилина, ZI	UNIZA
	Кошице, KI	IEP SAS
		UPJS
США	Аптон, NY	BNL
	Вильямсбург, VA	W&M
	Норфолк, VA	NSU
	Ньюпорт-Ньюс, VA	JLab
Франция	Жив-сюр-Иветт, IDF	Irfu
	Орсе, IDF	IJCLab
Швеция	Уппсала, C	TSL
Япония	Вако, WOT	RIKEN

02-1-1150-2025

Фундаментальные и прикладные исследования в физике на пучках релятивистских частиц

Руководитель темы: Балдин А.А.

Участвующие страны и международные организации:
Армения, Беларусь, Монголия, Россия, Чили.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
В рамках темы планируется развивать фундаментальные и прикладные направления экспериментальных исследований на пучках релятивистских частиц как ускорительного комплекса NICA: в тестовой зоне эксперимента SPD (установка МАРУСЯ), эксперименты на головной части канала вывода пучка из Нуклотрона до фокуса F3, так и на пучках ускорителя электронов ЛИНАК-200(800), микротрона (ЛЯР), установки ИРЭН (ЛНФ) коллаборации FLAP (Fundamental & applied Linear Accelerator Physics collaboration): изучение механизмов электромагнитных взаимодействий и новые приложения, включающие создание источников нейтронов, управляемой генерации различных видов электромагнитного излучения релятивистскими электронами, разработка новых методов диагностики пучков заряженных частиц, тестирование и калибровка детекторов частиц и излучений для коллайдерных и других ускорительных экспериментов.

Проект по теме:

Наименование проекта	**Руководитель проекта**	**Шифр проекта**
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1. FLAP	**Балдин А.А.**	02-1-1150-1-2025/2029
Фундаментальная и прикладная физика с использованием пучков релятивистских ускоренных электронов	*Заместитель:* **Блеко Вит.В.**	Разработка и тестирование систем диагностики Набор и анализ данных

ЛФВЭ Александров В.А., Архипов Е.В., Астахов В.И., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Берлев А.И., Блеко Вер.В., Богословский Д.Н., Бутенко А.В., Бушмина Е.А., Клевцова Е.А., Коровкин Д.С., Кухарев В.А., Михайлов К.В., Павлюк А.В., Петров М.Ю., Сафонов А.Б., Сагимбаева Н., Скрыпник А.В., Старикова С.Ю., Сумбаев А.П., Троян Ю.А., Харьюзов П.Р., Четвериков С.А., Шабратов В.Г.

ЛЯП Глаголев В.В., Госткин М.И., Демин Д.Л., Жемчугов А.С., Кобец В.В., Ноздрин М.А., Федоров А.Н.

ЛИТ Кузьмина Е.К., Пашкова М.М., Семашко В.С., Семашко С.В., Трофимов Ю.В.

ЛЯР Алексеев С.И., Митрофанов С.В., Семин В.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В рамках проекта планируется развивать направления исследований новой коллаборации FLAP (Fundamental & applied Linear Accelerator Physics collaboration): изучение механизмов электромагнитных взаимодействий и новые приложения, включающие создание источников нейтронов, управляемой генерации различных видов электромагнитного излучения, включая дифракционное черенковское и терагерцовое излучения в диапазоне от 1 до 10 ТГц, релятивистскими электронами. Разработка новых методов диагностики пучков заряженных частиц, тестирование и калибровка детекторов частиц и излучений для коллайдерных и других ускорительных экспериментов, включая создание калиброванных по времени пролета пучков вторичных нейтронов с энергиями от тепловых до 20 МэВ.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Основными глобальными результатами проекта станут следующие:
– создание уникальной научно-исследовательской установки для изучения механизмов генерации электромагнитного излучения в диапазоне длин волн от 1 мм (СВЧ диапазон) до 1 пм (γ-излучение), реализующихся при взаимодействии пучков релятивистских электронов с веществом и внешними электромагнитными полями;

– разработка принципиально новых подходов к генерации электромагнитного излучения с управляемыми характеристиками на основе использования мишеней, изготовленных из функциональных материалов;

– разработка новых неразрушающих методов диагностики пучков заряженных частиц;

– разработка, тестирование и калибровка детекторов заряженных частиц и излучений для экспериментов на SPD и MPD NICA;

– радиобиологические исследования с пучками ускоренных электронов и вторичных γ-квантов и нейтронов;

– разработка импульсного источника нейтронов с известными характеристиками для исследований в области экстремальных состояний вещества;

– эксперименты по поиску гипотетических частиц за рамками СМ.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Создание и пучковые испытания детекторов частиц на основе быстрых сцинтилляторов.

Регистрация ГГц и ТГц излучения от активных мишеней, облученных пучками релятивистских электронов.

Создание времяпролетного стенда для регистрации вторичных нейтронов.

Испытания сцинтилляторов на основе стильбена для n - γ разделения.

Испытания новых нейтронных детекторов на основе микроканальных пластин и наноразмерных изотопов бора-10 для нейтронографии высокого пространственного разрешения.

Активности темы:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Обработка, оцифровка и анализ фильмовой информации, полученной при помощи пузырьковых камер	**Балдин А.А.**	2025-2027
		Анализ статистики

ЛФВЭ Аракелян С.Г., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Беляев А.В., Блеко Вер.В., Блеко Вит.В., Богословский Д.Н., Бушмина Е.А., Клевцова Е.А., Коровкин Д.С., Кухарев В.А., Павлюк А.В., Пухаева Н.Е., Рогачевский О.В., Сагимбаева Н., Сафонов А.Б., Троян А.Ю., Троян Ю.А., Четвериков С.А.

ЛИТ Кузьмина Е.К., Пашкова М.М., Рихвицкий В.С., Семашко В.С., Семашко С.В., Трофимов Ю.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Пополнение базы экспериментальных данных в области множественного рождения частиц в диапазоне энергий 1–300 ГэВ, полученных в экспериментах с пузырьковыми камерами.

Анализ экспериментальных данных, полученных в области промежуточных энергий в релятивистской ядерной физике на основе автомодельного подхода и применения свойств геометрии Лобачевского для описания множественного рождения частиц.

Поиск и исследование новых явлений в условиях регистрации «мягких процессов» рождения частиц с высоким пространственным и импульсным разрешением, недоступным в современных электронных экспериментах.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание необходимого оборудования для оцифровки фильмовой информации, полученной при помощи пузырьковых камер и в электронных экспериментах с фиксированными мишенями в условиях регистрации множественного рождения частиц в диапазоне энергий 1-300 ГэВ. Подготовка учебной программы для специалистов высшей квалификации для проекта NICA.

Сравнение результатов, полученных при помощи пузырьковых камер с результатами моделирования на основе современных моделей. Выработка рекомендаций для стратегии экспериментальных исследований на ускорительном комплексе NICA.

Публикации результатов анализа данных, полученных при помощи пузырьковых камер.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Создание электронной базы данных, полученных путем сканирования фотопленок и обработки стереоизображений.

Организация процесса сохранения и обработки полученных изображений с использованием на базе возможностей ЛИТ ОИЯИ.

Уточнение результатов, полученных на пропановой двухметровой и однометровой водородной камерах.

2. Изучение глубокоподпороговых процессов, прикладные и образовательные программы на установке МАРУСЯ — **Балдин А.А.** **Коровкин Д.С.** — 2025-2027

Изготовление
Набор данных

ЛФВЭ Арефьев В.А., Архипов Е.В., Астахов В.И., Афанасьев С.В., Базылев С.Н., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Блеко Вер.В., Блеко Вит.В., Берлев А.И., Бушмина Е.А., Кухарев В.А., Павлюк А.В., Сафонов А.Б., Старикова С.Ю., Сумбаев А.П., Троян Ю.А., Четвериков С.А., Харьюзов П.Р.

ЛИТ Кореньков В.В., Кузьмина Е.К., Пашкова М.М., Семашко В.С., Семашко С.В.

ЛТФ Бондаренко С.Г.

ЛЯП Федоров А.Н., Алексеев Г.Д.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Экспериментальные исследования глубокоподпороговых и кумулятивных реакций на выведенных пучках Нуклотрона-Н (тестовая зона SPD, установка МАРУСЯ).

Проведение корреляционных экспериментов с регистрацией групп частиц в конечном состоянии, одна из которых кумулятивная. Исследования в предкумулятивной и кумулятивной областях с выведенными поляризованными пучками.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Новые экспериментальные данные по А-зависимостям редких подпороговых и кумулятивных процессов образования пионов, каонов и легких ядер в зависимости от типа и энергии налетающих ядер, импульса и угла регистрируемых частиц.

Новая модернизированная установка, дополненная детекторами для исследования корреляционных экспериментов: многоканальный гамма- спектрометр, детектор множественности, нейтронный детектор.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Ввод в эксплуатацию модернизированного магнито-оптического канала установки МАРУСЯ.

Реконструкция экспериментальной зоны канала-спектрометра в фокусе F4.

Создание новой системы сбора данных установки.

Ввод в эксплуатацию трековых детекторов.

Разработка и создание нейтронного детектора.

Испытание черенковского детектора.

Тестирование прототипов детекторов для эксперимента SPD.

Продолжение экспериментов на выведенных пучках Нуклотрона-Н с максимально возможной интенсивностью.

Развитие программ моделирования и обработки экспериментальных данных.

3. Нейтронная резонансная спектроскопия, автоматизация установки ИРЭН

Балдин А.А.
Швецов В.Н.

2025-2027

Изготовление
Набор данных

ЛФВЭ Архипов Е.В., Астахов В.И., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Бушмина Е.А., Блеко Вит.В., Блеко Вер.В., Коровкин Д.С., Кухарев В.А., Павлюк А.В., Петров М.Ю., Сафонов А.Б., Сумбаев А.П., Троян А.Ю., Троян Ю.А., Четвериков С.А., Харьюзов П.Р.

ЛНФ Реброва Н.В.

ЛИТ Семашко С.В., Трофимов Ю.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Экспериментальное исследование методов регистрации и измерения нейтронных резонансов при прохождении излучения, генерируемого нейтронным источником, через различные материалы. Нейтронная резонансная спектроскопия и радиография для изучения свойств материалов в экстремальных состояниях.

Развитие и исследование методов неразрушающего контроля изделий и материалов с помощью тепловых и эпитепловых нейтронов.

В рамках разработки методов нейтронной томографии в режиме реального времени на тепловых и резонансных нейтронах будет разрабатываться детектор нейтронных изображений с высоким пространственным (20-50 мкм) и временным (50-100 нс) разрешением, что позволит исследовать широкий спектр быстропротекающих процессов в области физики экстремальных состояний вещества и материаловедения. Метод позволит определять физико-химический состав машиностроительных материалов, газовых полостей в структуре конструкционных материалов с высокой атомной массой. Другое важное преимущество нейтронной радиографии – возможность визуализации водородосодержащих веществ, находящихся в металлической матрице.

Автоматизация установки ИРЭН с использованием SCADA "ОРИЦИКЛ" и специализированных детекторов и систем сбора данных для контроля и анализа нейтронных и гамма полей в горячей зоне установки ИРЭН.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Практическая реализация метода неразрушающего измерения параметров материалов в экстремальных состояниях. Практическая реализация метода неразрушающего исследования композиционных материалов.

Исследование возможности разработки слаботочных элементов питания на основе распада нестабильных изотопов, получаемых с помощью нейтронного источника.

Система автоматизации установки ИРЭН, включающая контроль и управление отдельными частями ускорителя.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Численное и экспериментальное определение оптимальных характеристик источника нейтронов.

Экспериментальное определение оптимальной конфигурации постановки эксперимента для обеспечения необходимой точности измерения.

Совершенствование методик регистрации параметров нейтронных резонансов.

Измерение экспериментальных спектров нейтронов от различных материалов, облученных пучками ускоренных электронов.

Испытания нейтронных и гамма детекторов в горячей зоне установки ИРЭН.

Создание системы сбора данных и передачи на пульт управления информации с детекторов с использованием SCADA "ОРИЦИКЛ".

4. Создание и ввод в эксплуатацию станции СИЯЭТ. Проведение экспериментальных исследований на выведенных пучках ускорительного комплекса NICA

Балдин А.А.
Кухарев В.А.

2025-2027

Изготовление
Набор данных

ЛФВЭ Александров В.А., Архипов Е.В., Астахов В.И., Афанасьев С.В., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Берлев А.И., Бушмина Е.А., Блеко Вит.В., Блеко Вер.В., Клевцова Е.А., Коровкин Д.С., Павлюк А.В., Петров М.Ю., Сагимбаева Н., Сафонов А.Б., Старикова С.Ю., Стифоров Г.Г., Троян А.Ю., Троян Ю.А., Четвериков С.А., Харьюзов П.Р.

ЛИТ Семашко С.В., Трофимов Ю.В.

ЛЯП Иванов Ю.П., Федоров А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Станция СИЯЭТ предназначена для проведения экспериментальных исследований в области релятивистских ядерных столкновений. Особенностью станции СИЯЭТ является возможность проведения экспериментов с максимальными интенсивностями выведенных пучков и большими мишенями (beam-dump experiments).

Программа исследований включает продолжение работ в области релятивистской ядерной энергетики. Проведение экспериментов с легкими ядрами от протонов до магния с энергиями от сотен МэВ/нуклон до 2.5 ГэВ/нуклон с целью оптимизации типов пучков и мишеней для прототипирования энергетических установок на основе ускорителя.

Фундаментальная составляющая программы заключается в подготовке и проведении beam-dump экспериментов с целью измерения глубокоподпороговых реакций с регистрацией странных и очарованных частиц с массами до 3 ГэВ, а также поиска гипотетических частиц Темной материи при взаимодействии релятивистских ядер с энергиями до 4.5 ГэВ/нуклон с протяженными мишенями.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание и ввод в эксплуатацию станции СИЯЭТ. Систематическое исследование пространственно-временной картины нейтронообразования под действием интенсивных пучков протонов и легких ядер на протяженные мишени в условиях одного эксперимента. Реализация поисковых экспериментов по рождению глубокоподпороговых частиц и частиц Темной материи.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Монтаж, тестирование, пучковые испытания детекторов мониторирования и контроля пучков на мишени. Ввод в эксплуатацию системы контроля и управления станции СИЯЭТ и системы сбора данных с использованием SCADA "ОРИЦИКЛ". Проведение первых тестовых экспериментов с выведенными пучками ускорительного комплекса NICA, в том числе с использованием протяженных мишеней. Разработка и прототипирование специфических детекторов для поиска сигналов Темной материи. Монте Карло моделирование экспериментов на станции СИЯЭТ.

Сотрудничество по теме 1150

Страна или МО	Город, регион	Институт
Армения	Ереван, ER	ЕГУ
		ИППФ НАН РА
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ
Монголия	Улан-Батор, ULN	IPT MAS
Россия	Белгород, BEL	БелГУ
		Эрэнди Вакуум
	Владикавказ, SE	Баспик
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Дубна, MOS	ИПИ "Омега"
		ИФТП РОСАТОМ
		Орицикл
	Москва, MOW	Марафон
		МИРЭА
		ФИАН
	Санкт-Петербург, SPE	СПбПУ
	Саров, NIZ	ВНИИЭФ РОСАТОМ

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Томск, ТОМ	ТПУ
Чили	Сантьяго, RM	UNAB CTEPP

Нейтринная физика и астрофизика

02-2-1099-2010

Изучение нейтринных осцилляций и астрофизические исследования

Руководители темы: Наумов Д.В.
Ольшевский А.Г.

Участвующие страны и международные организации:
Бельгия, Великобритания, Германия, Италия, Китай, Россия, Румыния, Словакия, США, Турция, Франция, ЦЕРН, Чехия, Швейцария, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Измерение параметров нейтринных осцилляций и других свойств нейтрино в экспериментах разного типа, а также астрофизические исследования в наземных и космических экспериментах. Глобальный анализ данных нейтринных экспериментов, разработка экспериментов и создание установок нового типа.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	JUNO	Наумов Д.В. *Заместители:* Анфимов Н.В. Гончар М.О.	02-2-1099-1-2009/2031
2.	Изучение свойств нейтрино в ускорительных экспериментах	Колупаева Л.Д. Ольшевский А.Г. *Заместители:* Горнушкин Ю.А. Самойлов О.Б.	02-2-1099-4-2026/2028
3.	TAIGA	Бородин А.Н.	02-2-1099-3-2015/2031

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**JUNO**	**Наумов Д.В.** *Заместители:* **Анфимов Н.В.** **Гончар М.О.**	2009-2031 Реализация

ЛЯП Антошкин А.И., Антошкина Т.А., Бессонов Н.С., Биктемерова С.В., Большакова А.Е., Горнушкин Ю.А., Громов М.Б., Дмитриевский С.Г., Должиков Д.А., Жутиков И.Н., Завадский В., Кораблев Д.Е., Кузнецова К.И., Ленский П.И., Наумова Е.А., Ольшевский А.Г., Рыбников А.В., Селюнин А.С., Смирнов О.Ю., Соколов С.А., Четвериков А.В., Чуканов А.В., Шаров В.И.

ЛИТ Балашов Н.А., Баранов А.В., Махалкин А.Н., Семенов Р.Н., Цамцуров, Е.О., Шпотя Д.А.

ЛФВЭ Астахов В.И., Шутов В.Б.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Измерение иерархии масс нейтрино в реакторном эксперименте с длинной базой. Прецизионное определение параметров нейтринных осцилляций. Изучение потоков нейтрино от различных источников: солнечных, гео и других.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Определение порядка масс нейтрино с точностью > ~3σ, прецизионное измерение спектра реакторных антинейтрино, поиск стерильных нейтринных состояний, измерение потоков солнечных и геонейтрино.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Измерение наблюдаемого спектра атмосферных нейтрино в детекторе JUNO. Измерение спектра реакторных антинейтрино в детекторе TAO. Прецизионное измерение параметров осцилляций нейтрино и определение упорядоченности масс нейтрино на уровне 3 стандартных отклонений с использованием внешних измерений, сделанных другими экспериментами.

2. Изучение свойств нейтрино в ускорительных экспериментах NOvA, T2K, NA65/DsTau, FASER

Колупаева Л.Д.
Ольшевский А.Г.
Заместители:
Горнушкин Ю.А.
Самойлов О.Б.

2026-2028

Реализация

ЛЯП Антошкин А.И., Анфимов Н.В., Атанова О.С., Баранов В.Ю., Большакова А.Е., Васильев И.И., Васина С.Г., Гейтота О.В., Глаголев В.В., Гридина А.Д., Громов В.О., Давыдов Ю.И., Дмитриевский С.Г., Зимин И.Ю., Иванова А.Д., Калиткина А.И., Кисеева В.И., Климов О.Л., Кожукалов В.А., Кораблев Д.Е., Кузнецова К.И., Любушкин В.В., Попов Б.А., Рыбников А.В., Селюнин А.С., Соколов С.А., Сотников А.П., Суслов И.А., Федосеев Д.В., Чалышев В.В., Чириков-Зорин И.Е., Четвериков А.В., Шаров В.И., Шешуков А.С.

ЛТФ Какорин И.Д., Козлов Г.А., Кузьмин К.С., Матвеев В.А., Наумов В.А., Шкирманов Д.С.

ЛИТ Балашов Н.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Измерение иерархии масс нейтрино, нарушения CP-четности и других параметров осцилляций нейтрино в ускорительных экспериментах с длинной базой NOvA и T2K. Изучение рождения тау лептонов через рождение и распад D_s мезонов в протон-ядерных столкновениях при 400 ГэВ/с (эксперимент NA65/DsTau). Изучение свойств нейтрино высоких энергий в диапазоне ~100 ГэВ - 3 ТэВ на коллайдере LHC в ЦЕРН (эксперимент FASER). Поиск новых частиц и экзотических реакций. Оценка сечений нейтринных взаимодействий.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Определение порядка масс нейтрино и параметра нарушения лептонной CP-четности в ускорительных экспериментах с длинной базой на уровне значимости ~3σ, прецизионное измерение параметров осцилляций Δm^2_{32} и $\sin^2\theta_{23}$. Совместный анализ данных нейтринных экспериментов. Поиск новых частиц и экзотических реакций. Измерение сечений взаимодействия нейтрино всех типов для области энергий 100-3000 ГэВ. Измерение сечения рождения D_s мезона в протон-ядерных столкновениях с последующим распадом на тау лептон при 400 ГэВ/с. Уточнение измерения потока тау нейтрино от ускорителей.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Продолжение набора статистики в детекторах экспериментов и обработка данных. Подготовка публикаций по измерению параметров осцилляций нейтрино в экспериментах NOvA и T2K, поиску магнитных монополей, миллизаряженных частиц и регистрации атмосферных нейтринов дальнем детекторе эксперимента NOvA. Разработка новых методов идентификации частиц для анализа данных детектора SFGD. Разработка программного обеспечения для реконструкции и поиска вершин при очень высокой плотности треков в эмульсионных детекторах.

3. TAIGA

Бородин А.Н.

2015-2031

Реализация

ЛЯП Безъязыков П.А., Блинов А.В., Гребенюк В.М., Гринюк А.А., Джакупов М.И., Иванова А.Д., Карабаш Х., Пороховой С.Ю., Шайковский А.В., А.Н. Шалюгин

ЛФВЭ Горбунов Н.В.

ЛИТ Сатышев И.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Исследование гамма-излучения и заряженных космических лучей (КЛ) в диапазоне энергий $10^{13}-10^{18}$ эВ методом регистрации черенковского излучения от широких атмосферных ливней: изучение высокоэнергетического края

спектра ярчайших галактических и внегалактических источников гамма-излучения, поиск галактических ПэВатронов, применение нового гибридного подхода для изучения массового состава КЛ в диапазоне 10^{14}–10^{17} эВ, изучение анизотропии КЛ в области энергий 100 – 3000 ТэВ.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Исследование энергетического спектра гамма-квантов от галактических источников и поиск новых источников гамма-квантов. Мониторинг потока гамма-квантов от близких внегалактических источников. Поиск гамма-квантов ТэВ-ного диапазона от гамма-всплесков и гамма-квантов, скоррелированных с нейтрино высоких энергий. Поиск космических ускорителей, в которых протоны ускоряются до энергий 100 – 3000 ТэВ. Исследование массового состава космических лучей в области перехода от галактических к внегалактическим лучам.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Дальнейший набор и анализ данных для восстановления спектра гамма-квантов от галактических источников. Модернизация 5-го черенковского телескопа, разработка 6-го черенковского телескопа диаметром 10 м, разработка и подготовка к работе новых черенковских детекторов. Методические исследования длины ослабления воды для водных черенковских баков.

Активности темы:

	Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Эксперимент SHiP**	**Ольшевский А.Г.**	2026-2028
			R&D Подготовка проекта

ЛЯП Анфимов Н.В., Горнушкин Ю.А., Дмитриевский С.Г., Колупаева Л.Д., Самойлов О.Б., Селюнин А.С., Соколов С.А., Федосеев Д.В., Чуканов А.В.

ЛТФ Красников Н.В., Козлов Г.А., Матвеев В.А.

ЛФВЭ Азорский Н.И., Баутин В.В., Еник Т.Л., Зайцев А.А., Зимин Н.И., Мовчан С.А., Мухамеджанов Е., Мухамеджанова А., Мыктыбеков Д., Ромахов С., Саламатин К.М.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Исследование свойств нейтрино. Поиск новых векторных и скалярных лёгких частиц-кандидатов в темную материю. Методические работы по детекторам SHiP.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Оценка чувствительности эксперимента SHiP и ее учет при формировании требований к детекторам. Подготовка проекта участия ОИЯИ в эксперименте SHiP, с учетом методических работ, проведенных для детекторных систем на основе сцинтилляторов и строу-трубок.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Пучковые испытания и другие методические измерения, обосновывающие конструкцию детектора UBT с необходимым временным разрешением. Методические исследования со строу-трубками и разными вариантами электроники для использования в эксперименте SHiP.

2.	**Эксперимент Borexino/DarkSide**	**Смирнов О.Ю.**	2026-2028
			Обработка данных

ЛЯП Вишнева А.В., Громов М.Б., Кораблев Д.В., Лычагина О.Е., Самойлов О.Б., Сотников А.П., Шешуков А.С.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Завершение анализа уникальных данных детектора Борексино. Поиск частиц тёмной материи и редких процессов в экспериментах DarkSide-50 и DarkSide-20k.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Уточнение результатов измерений потоков солнечных нейтрино на основе максимального по размеру и наилучшего по качеству набора данных Borexino. Получение новых ограничений на редкие процессы и нестандартные взаимодействия нейтрино по данным Borexino.

Поиск лёгких частиц тёмной материи с чувствительностью, на два порядка превышающей современные пределы. Поиск редких процессов в экспериментах DarkSide-50 и DarkSide-20k и получение соответствующих ограничений на параметры реакций.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Подготовка публикации с результатами анализа полного набора данных Borexino, в том числе по новой методике обработки данных. Ожидаемые физические результаты включают уточнение потоков солнечных нейтрино, в частности потока солнечных pp-нейтрино, и поиск редких процессов (магнитный момент нейтрино и др.). Подготовка публикации с результатами по поиску вклада собственного разрешения в полную ширину сцинтилляционной линии жидкого аргона в эксперименте DarkSide; изучение космогенной наработки потенциально опасных для эксперимента изотопов.

Сотрудничество по теме 1099

Страна или МО	Город, регион	Институт
Бельгия	Гент, VOV	UGENT
Великобритания	Лондон, LND	IMPERIAL
		QMUL
		UCL
Германия	Ахен, NRW	RWTH
	Гамбург, HH	UHH
	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz
	Тюбинген, BW	Ун-т
Италия	Катания, CT	INFN Catania
	Милан, MI	UNIMI
	Неаполь, NA	Unina
	Падуя, PD	INFN Padua
	Рим, RM	INFN Rome
	Салерно, SA	INFN Salerno
Китай	Гуанчжоу, GD	SYSU
	Пекин, BJ	IHEP CAS
		Tsinghua
	Шанхай, SH	SJTU
Россия	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"
	Иркутск, IRK	ИГУ
	Москва, MOW	МИФИ
		НИИЯФ МГУ
		ФИАН
	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН
		НГУ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
Румыния	Мэгуреле, IF	ISS
Словакия	Братислава, BL	CU
США	Батавия, IL	Fermilab
	Вильямсбург, VA	W&M
	Дулут, MN	UMD
	Миннеаполис, MN	U of M

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Мобил, AL	USA
	Пасадена, CA	Caltech
Турция	Анкара, ANK	METU
Франция	Париж, IDF	LPTHE
	Страсбург, GES	IPHC
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН
Чехия	Прага, PR	CU
Швейцария	Берн, BE	UNIBE
	Лозанна, VD	EPFL
Япония	Нагоя, NGO	Nagoya Univ.
	Токай, TOK	JAEA
	Токио, TYO	Toho Univ.
	Фукуока, FUK	Kyushu U

02-2-1144-2021

Поиск новой физики в лептонном секторе

Руководитель темы: Цамалаидзе З.

Участвующие страны и международные организации:
Австралия, Беларусь, Великобритания, Германия, Грузия, Индия, Казахстан, Китай, Малайзия, Республика Корея, Россия, Франция, Чехия, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Поиск доказательств новой физики за пределами Стандартной Модели с помощью измерения безнейтринного когерентного перехода мюона в электрон (μ → e конверсии) в поле ядра алюминия.

Проект по теме:

Наименование проекта	Руководитель проекта	Шифр проекта
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. COMET	**Цамалаидзе З.**	02-2-1144-1-2025/2029
		R&D Реализация

ЛЯП Васильев И.И., Величева Е.П., Вольных В.П., Евтухович И.Л., Евтухович П.Г., Калинников В.А., Канева Е.С., Павлов А.В., Сабиров Б.М., Симоненко А.В., Терещенко В.В., Хассан А., Хубашвили Х., Чохели Д.Ш.

ЛИТ Годеридзе Д., Хведелидзе А.

ЛТФ Азнабаев Д., Исадыков А.Н., Козлов Г.А.

ЛФВЭ Байгарашев Д., Еник Т.Л.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Процессы с нарушением лептонного числа в секторе заряженных лептонов (CLFV) обеспечивают весомый вклад в поиск новой физики с чувствительностью к параметрам широкого спектра новых физических моделей — SUSY, дублетов Хиггса, дополнительных размерностей и, в частности, моделей, объясняющих иерархию масс нейтрино. Наиболее чувствительное исследование CLFV обеспечивается экспериментами, которые используют высокоинтенсивные мюонные пучки для поиска переходов CLFV мюона в электрон — это эксперименты: $\mu^+ \to e^+\gamma$ (MEG в PSI, Швейцария); $\mu^+ \to e^+e^-e^+$ (Mu3e в PSI, Швейцария) и когерентная безнейтринная конверсия мюона в электрон в поле ядра $\mu^-N \to e^-N$ (COMET в J-PARC, Япония; Mu2e в Fermilab, США).

Эксперимент COMET направлен на измерение безнейтринного когерентного перехода мюона в электрон в поле ядра алюминия. Сигнатурой события когерентного безнейтринного $\mu^- \to e^-$ преобразования в мюонном атоме является испускание моноэнергетического одиночного электрона в определенный интервал времени. Энергия сигнального электрона для алюминия равна 104.97 МэВ, а время жизни мюонного атома составляет 864 нс.

Это делает безнейтринную $\mu^- \to e^-$ конверсию очень привлекательной с экспериментальной точки зрения. Во-первых, энергия e^- около 105 МэВ намного выше конечной энергии спектра распада мюона (~52.8 МэВ). Во-вторых, поскольку сигнатурой события является моноэнергетический электрон, измерение совпадений не требуется. В-третьих, большое время жизни означает, что фон, связанный с пучком, может быть устранен. Таким образом, поиск этого процесса имеет потенциал для улучшения чувствительности за счет использования высокой скорости мюонов, не имея при этом случайных фоновых событий.

Существуют различные теоретические модели, предсказывающие значительные уровни чувствительности к процессам смешивания заряженных лептонов. Наиболее обоснованные среди них — это модели SUSY-GUT или SUSY-Seesaw, являющиеся продолжением SM. Обзор современных теоретических обоснований нарушения лептонного аромата, а также данных о текущих экспериментальных пределах и ожидаемых улучшениях был сделан Marciano, Mori и Roney.

Эксперимент COMET будет проводиться с использованием двухэтапного подхода: Фаза-I и Фаза-II. Экспериментальная цель Фазы-I — это достижение чувствительности для процесса мюон-электронной конверсии на уровне 3.1×10^{-15}, или с 90%-ой вероятностью 7×10^{-15}, что в 100 раз превышает существующий предел 7×10^{-13}, полученный коллаборацией SINDRUM II в PSI на атомах золота ($\mu^-+Au\rightarrow e^-+Au$). Целью Фазы-II является SES 2.6×10^{-17}, что в 10 000 раз лучше, чем существующий экспериментальный предел. Общее расчетное значение фона для Фазы-I составляет примерно 0.032 события, с коэффициентом затухания протонов 3×10^{-11}. Для достижения требуемой чувствительности и фонового уровня будет использоваться 8 ГэВ протонный пучок мощностью 3.2 кВт ускорительного комплекса J-PARC (Япония). Два типа детекторов: CyDet (детекторная система цилиндрической пропорциональной камеры) и StrECAL (строу трекер и электромагнитный калориметр (ECAL)), будут использоваться для обнаружения событий преобразования $\mu^-\rightarrow e^-$ и для измерения фоновых событий, связанных с пучком.

Специалисты ЛЯП ОИЯИ успешно участвуют в подготовительном этапе эксперимента COMET. Для Фазы-I сотрудники ОИЯИ изготовили и протестировали весь комплект строу-трубок диаметром 9.8 мм, длиной 1.6 м (более 2700 штук), а для Фазы-II изготовят весь комплект строу-трубок диаметром 5 мм. Специалисты ОИЯИ активно участвуют в создании строу трекера, электромагнитного калориметра и системы исключения космических лучей (CRV) на этапах моделирования и производства научно-технических работ. Они также продолжат принимать активное участие в сборке и обслуживании этих детекторов. Специалисты ОИЯИ участвуют в анализе данных тестовых измерений и будут участвовать в анализе данных эксперимента COMET.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Завершение сборки, испытаний, калибровки, установки, испытаний космикой и технического обслуживания строу детектора для Фазы-I.

Разработка и оптимизация метода калибровки кристаллов для калориметра с учетом особенностей эксперимента: наличие магнитного поля и калориметра высокого разрешения.

Моделирование комплексной детекторной системы (трекер, калориметр и т.д.).

Участие в подготовке, инженерно-физическом запуске, сборе и анализе данных Фазы-I.

Научно-исследовательская программа по производству строу-трубок с толщиной стенки 12 мкм и диаметром 5 мм. Измерение всех механических свойств и разработка стандартов для контроля качества изготовленных новых строу-трубок диаметром 5 мм.

Производство строу-трубок диаметром 5 мм (около 1000 шт.) для полномасштабного прототипа.

Изготовление полномасштабной строу-станции в ОИЯИ с новыми трубками (5 мм, 12 мкм) и измерения на пучке.

Подготовка, массовое производство и испытания строу-трубок для Фазы-II.

Участие в проектировании, сборке, монтаже, испытаниях космикой и техническом обслуживании калориметра в полном объеме.

Участие в сборке и обслуживании CRV для Фазы-I и Фазы-II.

Участие в испытаниях пучком компонентов детектора для Фазы-II.

Участие в сборке, тестировании, монтаже и техническом обслуживании всей детекторной системы для Фазы-II.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Сборка 5-й станции строу трекера для Фазы-I, с последующей проверкой натяжения проволок и испытанием рабочим напряжением.

Разработка методов оптимального светосбора в калориметре и решение задач калибровки калориметра с использованием Geant4 моделирования.

Моделирование комплексной детекторной системы (трекер, калориметр и т.д.).

Участие в подготовке инженерно-физического запуска Фазы-I.

Научно-исследовательская программа по производству строу-трубок с диаметром 5 мм и толщиной стенки 12 мкм. Измерение всех механических свойств и разработка стандартов для контроля качества изготовленных новых строу-трубок диаметром 5 мм.

Производство строу-трубок (5 мм, 12 мкм) и длительное тестирование их механических свойств и герметичности под давлением.

Разработка и создание новых стендов для длительного тестирования строу-трубок (5 мм, 12 мкм) по различным параметрам.

Изготовление полномасштабной строу-станции в ОИЯИ с новыми трубками (5 мм, 12 мкм), в частности: разработка и создание газовой системы, разработка технологии производства алюминиевых корпусов и пластиковых изоляторов для концевиков для строу, разработка и производство стенда для сборки трубок и их тестирования с использованием

радиоактивного источника.

Создание радиационной защиты для мюонного пучка.

Участие в сборке и тестировании электромагнитного калориметра.

Участие в сборке, тестировании и установке CRV для Фазы-I.

Сотрудничество по теме 1144

Страна или МО	Город, регион	Институт
Австралия	Мельбурн, VIC	Monash
Беларусь	Минск, MI	БГУ
		ИФ НАНБ
		НИИ ЯП БГУ
Великобритания	Лондон, LND	IMPERIAL
Германия	Дрезден, SN	TU Dresden
Грузия	Тбилиси, TB	GTU
		HEPI-TSU
		UG
Индия	Мумбаи, MH	IIT Bombay
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS
Малайзия	Банги, SL	UKM
Республика Корея	Сеул, SEL	SKKU
Россия	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН
		НГУ
Франция	Париж, IDF	IN2P3
Чехия	Прага, PR	CU
Япония	Осака, OSA	UOsaka
	Фукуока, FUK	Kyushu U
	Цукуба, TKB	KEK

Ядерная физика (03)

03-4-1146-2024

Нейтронная ядерная физика

Руководители темы: Копач Ю.Н.
Седышев П.В.
Швецов В.Н.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Албания, Армения, Бангладеш, Беларусь, Болгария, Бразилия, Венгрия, Вьетнам, Германия, Грузия, Египет, Индия, Италия, Казахстан, Китай, Куба, МАГАТЭ, Мексика, Молдова, Монголия, Польша, Республика Корея, Россия, Румыния, Северная Македония, Сербия, Словакия, Словения, США, Таиланд, Турция, Узбекистан, Финляндия, Франция, Хорватия, ЦЕРН, Чехия, Швейцария, ЮАР, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Ядерно-физические исследования с нейтронами традиционно являются одним из приоритетных направлений, развиваемых в ОИЯИ. На сегодняшний день эти исследования проводятся в рамках научной темы «Нейтронная ядерная физика» (03-4-1146-2024). Комплексное использование базовых установок ЛНФ – импульсного источника резонансных нейтронов ИРЕН, импульсного реактора ИБР-2 и электростатического генератора ЭГ-5, а также установки ТАНГРА – позволяет проводить ядерно-физические исследования в широком диапазоне энергий нейтронов – от холодных нейтронов до ~20 МэВ, а использование внешних источников нейтронов, таких как n_TOF (ЦЕРН), позволяет расширить диапазон энергий до нескольких сот МэВ.

Работы и исследования в рамках темы направлены на реализацию задач, сформулированных в Семилетнем плане развития ОИЯИ 2024–2030 гг. по направлению «Ядерная физика».

Физические исследования можно разделить на три направления:
– исследование нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами, получение ядерных данных;
– исследование фундаментальных свойств нейтрона, физика ультрахолодных и очень холодных нейтронов;
– прикладные и методические исследования.

Научная программа темы "Нейтронная ядерная физика" будет реализовываться в рамках четырех проектов: двух научных ("Исследование взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и "TANGRA") и двух научно-технических ("Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры» и «Разработка концепции источника ультрахолодных нейтронов на импульсном реакторе ИБР-2").

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	TANGRA Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций	Копач Ю.Н.	03-4-1146-1-2014/2028
2.	Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры	Дорошкевич А.С.	03-4-1146-2-2022/2027
3.	Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона	Швецов В.Н. Седышев П.В.	03-4-1146-3-2024/2028
4.	Разработка концепции источника ультрахолодных нейтронов на импульсном реакторе ИБР-2	Швецов В.Н. Кулин Г.В. *Заместитель:* Франк А.И.	03-4-1146-4-2026/2027

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. TANGRA	**Копач Ю.Н.**	2014-2028
Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций		Модернизация Набор данных Анализ результатов

ЛНФ Грозданов Д., Прусаченко П.С., Ской В.Р., Третьякова Т.Ю., Федоров Н.А., Харламов П.И., Храмко К., Швецов В.Н.

ЛФВЭ Алексахин В.Ю., Замятин Н.И., Зубарев Е.В., Рогов Ю.Н., Сапожников М.Г., Слепнев В.М., Хабаров С.В.

ЛЯП Красноперов А.В., Саламатин А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Информация о нейтрон-ядерных взаимодействиях крайне важна как для фундаментальной, так и для прикладной физики. Отсутствие у нейтрона электрического заряда делает его уникальным зондом для исследования ядерных сил. Обусловленная электрической нейтральностью высокая проникающая способность нейтронного излучения делает перспективным его применение для изучения структуры вещества как на ядерном, так и на молекулярном уровнях. Нейтроны широко используются и в прикладных целях: в досмотровых комплексах, установках неразрушающего элементного анализа, в устройствах для исследования ближайшего окружения буровых скважин (каротажа), а также, при создании детекторов нейтронов и гамма-квантов, используемых на борту орбитальных и спускаемых космических аппаратов для анализа грунта и атмосферы небесных тел. Сведения о нейтрон-ядерных реакциях необходимы и для проектирования перспективных ядерно-энергетических установок, а также для моделирования различных приборов и объектов, так или иначе взаимодействующих с нейтронным излучением. Показателем актуальности исследования характеристик нейтрон-ядерных взаимодействий может служить то, что список наиболее востребованных ядерных данных по большей части состоит из запросов, напрямую связанных с нейтрон-ядерными реакциями.

Проект TANGRA (TAgged Neutrons and Gamma Rays) направлен на изучение нейтрон-ядерных реакций с использованием метода меченых нейтронов, поиск новых путей использования нейтронных методов в фундаментальных и прикладных исследованиях, усовершенствование существующих и создание новых подходов к обработке результатов ядерно-физических экспериментов. Одной из задач, решаемых в рамках проекта, является интерпретация существующих экспериментальных данных по реакциям взаимодействия быстрых нейтронов с атомными ядрами, их систематизация и валидация. Приоритетным направлением работы является получение ядерных данных.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Выполнение экспериментов по исследованию угловых распределений рассеянных нейтронов.

Экспериментальное исследование (n,γ) и (n',γ)-корреляций.

Теоретическое описание исследуемых реакций.

Проведение экспериментов по исследованию реакции (n,2n).

Заключение о применимости ММН для выполнения элементного анализа почв. В случае положительного результата — создание прототипов стационарной и мобильной установок, а также методических рекомендаций по их использованию для целей сельского хозяйства и экологического мониторинга.

Полученные при реализации настоящего проекта результаты будут ценны как для фундаментальной, так и прикладной науки. Полученные экспериментальные данные по выходам и угловым распределениям γ-квантов могут быть использованы для увеличения точности моделирования методом Монте-Карло различных физических установок. Другим планируемым применением полученных экспериментальных результатов является быстрый элементный анализ. Оптимизированные параметры моделей могут быть использованы для теоретического описания ранее не изученных реакций. Разработанные прототипы установок для элементного анализа почв могут стать основой для создания устройств, полезных для интенсификации сельского хозяйства и мониторинга состояния окружающей среды.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Измерение сечений и угловых корреляций в реакции (n,2n) на различных ядрах под действием нейтронов с энергией 14.1 МэВ.

Измерение энергетической зависимости дифференциальных сечений испускания нейтронов и γ-квантов в реакциях высокоэнергетических нейтронов с ядрами.

Измерение угловых корреляций между нейтроном γ-квантом, испускаемыми в реакциях (n,n'γ), (α,nγ) и в реакции деления.

Создание усовершенствованной мобильной установки для определения содержания углерода в почве НАП-2.

2. Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры **Дорошкевич А.С.** 2022-2027

Модернизация Набор данных Анализ результатов

ЛНФ Арадейб Айман Омер Али, Зайцев И.А., Ибрагим Махмуд Ахмед Мустафа Ахмед, Лихачёв А.Н., Семенов В.Н., Студнев К.Е., Ткаченко С.Н., Удовиченко К.Н., Чепурченко И.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен на модернизацию основных систем электростатического ускорителя заряженных частиц ЭГ-5, развитие ионно-лучевых и комплементарных им методов исследования элементного состава и физических свойств приповерхностных слоев твердых тел.

Цель проекта. Обеспечение технической возможности для реализации научной программы ПТП ОИЯИ по исследованию реакций с быстрыми квазимоноэнергетическими нейтронами, развитие ядерно-физических методов исследования элементного состава, решение задач нейтронного радиационного материаловедения, реализация практических приложений нейтронной физики.

***Задачи проекта*.** Основной технической задачей Проекта является восстановление диапазона энергий ускоренных частиц: 900 кэВ - 4,1 МэВ и повышение тока ионного пучка свыше 100 мкА при сохранении энергетической стабильности ионного пучка на уровне не хуже 500 эВ, обеспечение пространственной стабильности ионного пучка.

Основной организационной задачей является закладка и развитие кадрового потенциала для обеспечения полноценного выполнения проекта и научной программы в перспективе минимум 3-х семилеток.

В задачи проекта, так же входит обновление и пополнение новыми методами экспериментальной инфраструктуры ускорительного комплекса, в частности, развитие новых методов исследования физических свойств поверхности материалов, способных дополнить и повысить качество получаемой научной продукции, интенсификация международного научно-технического сотрудничества, организация пользовательской политики, формирование на базе ЛНФ ОИЯИ межлабораторного ускорительного центра для решения широкого спектра уникальных научно-технологических задач.

Основными критериями успешного выполнения проекта является: получение потока нейтронов, достаточного для проведения ядерно-физических экспериментов с быстрыми нейтронами.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
В результате выполнения Проекта будут восстановлены технические параметры ускорителя (энергия ускоряемых частиц 4,1 МэВ при максимальном токе не ниже 100 мкА), что позволит проводить в ОИЯИ исследования реакций с быстрыми нейтронами, модифицирована камера облучения образцов потоками ионов.

Будет создана новая специализированная лаборатория для подготовки и исследования структуры, микроструктуры, оптических и электронных свойств поверхности объектов исследования с использованием методов эллипсометрии, оптической и электронной микроскопии, методов исследования электрических свойств на постоянном и переменном токе (вольтамперометрия, импедансметрия).

Кроме модернизации и расширения приборной базы ускорительного комплекса будет проведена закладка кадрового потенциала на ближайшие 20-30 лет.

Модернизация ЭГ-5 в ОИЯИ даст возможность проведения в краткосрочной перспективе ряда новых, уникальных экспериментов по измерению энергетических спектров и угловых распределений заряженных частиц из реакций (n, α) и (n, p) / (α, n) и (p, n) и интегрального и дифференциального сечений последних в интервале энергий нейтронов до

~6 МэВ, процессов деления атомных ядер быстрыми нейтронами, проведение экспериментов в области нейтронного материаловедения и др.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Будет восстановлена работа ЭСУ ЭГ-5 в базовой комплектации и начаты работы на физический эксперимент.

Будут достигнуты заявленные параметры ионного пучка для реализации научной программы ПТП ОИЯИ по исследованию реакций с быстрыми квазимоноэнергетическими нейтронами.

Будет доукомплектована техническая группа СЯФМИН и подготовлен технический персонал для реализации на ЭСУ пользовательской программы.

Будет проведена установка нового СВЧ ИИ на имеющуюся УТ.

Проведена разработка и монтаж системы управления новым ИИ.

Проведена автоматизация вакуумной системы и системы проводки ионного пучка.

Проведена замена откачных насосов «котла».

Будет установлен электронный микроскоп в здании 120 площадки ЛЯП.

Будет дооснащена специализированная лаборатория в здании 120 площадки ЛЯП.

3. Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона	**Швецов В.Н.** **Седышев П.В.**	2024-2028	Модернизация Набор данных Анализ результатов

ЛНФ Алексеенок Ю.В., Асылова А., Ахмедов Г.С., Бадави В.М., Бериков Д., Борзаков С.Б., Вергель К.Н., Ву Д.К., Гледенов Ю.М., Голубков Е.А., Грозданов Д.Н., Гроздов Д.С., Дмитриев А.Ю., Дорошкевич А.С., Жерненков К.Н., Захаров М.А., Зейналов Ш.С., Зеленяк Т.Ю., Зиньковская И., Зонтиков А.О., Каюков А.С., Кириллов А.К., Кузнецов В.Л., Куликов О.-А., Кулин Г.В., Ле Б.А., Ле Х.К., Ле Ч.М. Нят, Мададзада А.И., Мажен С., Малинин А.Г., Мезенцева Ж.В., Мицына Л.В., Музычка А.Ю., Незванов А.Ю., Нехорошков П.С., Павлов С.С., Покотиловский Ю.Н., Реброва Н.В., Рогов А.Д., Сапрыкина И.А., Сидорова О.В., Ской В.Р., Славкова З.Д., Стрелков А.В., Таскаев С.Ю., Третьякова Т.Ю., Турлыбекулы К., Удовиченко К.В., Федоров Н.А., Филиппова О.С., Франк А.И., Фронтасьева М.В., Фурман В.И., Храмко К., Чалигава О., Чупраков И., Швецова М.С., Энхболд С., Юшин Н.С., 60 инженеров, 2 рабочих

ЛФВЭ Еник Т.Л., Сумбаев А. П., 3 инженера

Краткая аннотация и научное обоснование:
Ядерные процессы и структурные изменения в материалах, индуцированные медленными, резонансными и быстрыми нейтронами и ускоренными заряженными частицами, традиционно исследуются в ЛНФ ОИЯИ. Взаимодействие нейтронов с атомными ядрами представляет интерес как для фундаментальных, так и для прикладных исследований. Комплексное использование базовых установок ЛНФ – импульсного источника резонансных нейтронов ИРЕН, импульсного реактора ИБР-2 и электростатического генератора ЭГ-5 – позволяет проводить широкий спектр ядерно-физических исследований в широком диапазоне энергий нейтронов – от холодных нейтронов до ~14 МэВ, а использование внешних источников нейтронов, таких как n_TOF (ЦЕРН), позволяет расширить диапазон энергий до нескольких сот МэВ. Фундаментальные исследования, проводимые в Отделении ядерной физики ЛНФ, включают нарушение пространственной и временной симметрии, изучение механизма ядерных реакций, структуры атомных ядер, процессов деления, индуцированных нейтронами, нейтронно-индуцированных реакций с вылетом легких частиц, свойств нейтрона как элементарной частицы, свойств ультрахолодных и очень холодных нейтронов, квантово-механических эффектов с участием нейтронов.

В ЛНФ также были разработаны исследовательские программы для прикладных исследований, таких как получение ядерных данных и информации о радиационной стойкости материалов для ядерных технологий, энергетики и трансмутации, радиационный мутагенез на быстрых нейтронах, нейтронно-активационный анализ на тепловых и эпитепловых нейтронах, нейтронно-активационный анализ на мгновенных гамма-квантах, элементный анализ с использованием нейтронных резонансов, элементный анализ на быстрых нейтронах, анализ элементного состава тонких пленок, исследование радиационной стойкости материалов к воздействию ускоренных заряженных частиц на пучках электростатического ускорителя, разработка радиационно- стойких наноструктурированных материалов с использованием пучков ускоренных ионов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Уточнение характеристик известных резонансов, обнаружение ранее неизвестных. Измерение сечений реакций и корреляций продуктов в резонансной области с точностью, достаточной для исследования P- и T-нечетных эффектов.

Выполнение экспериментов по исследованию TRI и ROT эффектов в делении, измерению массово-энергетических и угловых распределений осколков, мгновенных нейтронов и гамма-квантов; поиску редких и экзотических мод деления, как с использованием ИБР-2, так и сторонних источников.

Проведение экспериментальных и теоретических исследований нейтрон-ядерных реакций в широком диапазоне энергий налетающих частиц.

Исследование закона дисперсии нейтрона в преломляющей среде, в том числе в случае больших ускорений.

Развитие моделей расчета транспорта ОХН и ХН в материале наноалмазных отражателей и расширение области их применимости на диапазон тепловых нейтронов.

Изучение структуры графитов после их интеркалирования и измерение сечений рассеяния холодных нейтронов интеркалированными графитами.

Получение данных для ядерной энергетики и астрофизики: измерение интегральных и дифференциальных нейтронных сечений, угловых корреляций в области энергии от холодных нейтронов до сотен МэВ.

Получение и изучение радиационной стойкости различных материалов, в том числе, перспективных для применения в качестве отражателей и замедлителей нейтронов. Разработка и исследование радиационной стойкости электронных компонентов, в том числе, работающих на новых физических принципах.

Разработка с использованием порошковых нанотехнологий и ионных пучков приборов энергетики и электроники.

Получение новых данных и мониторинг экологической обстановки в отдельных регионах стран-участниц ОИЯИ с помощью НАА.

Исследование влияния нейтронного облучения на свойства живых биологических объектов и тканей.

Исследование слоистых структур, в том числе, высокотемпературных сверхпроводников с помощью методик RBS, ERD и PIXE.

Выполнение элементного анализа различных объектов культурного наследия.

Ожидаемые методические результаты:
Определение оптимальных технологий синтеза и модификаций веществ для использования в качестве отражателей УХН и ХН.

Разработка методов очистки вод и почв, оценки качества продуктов питания.

Изучение процессов накопления наночастиц в органах животных и растений, оценка их влияния на здоровье изучаемых живых объектов.

Разработка методики неразрушающего элементного анализа на мгновенных гамма-квантах. Усовершенствование существующих методик активационного анализа на тепловых и резонансных нейтронах.

Разработка методов анализа электрических свойств разрабатываемых приборов электроники, энергетики и датчиков ионизирующих излучений на новых физических принципах.

Полученные в ходе реализации проекта фундаментальные результаты будут иметь важное значение для понимания механизмов нейтрон-ядерных реакций и развития теоретических представлений об этих процессах. Исследование P- и T-нечетных эффектов даст информацию о величине вклада слабого взаимодействия в ядерные силы и может служить альтернативным методом определения коэффициента смешивания V_{ud} СКМ-матрицы. Получение новой информации о ROT и TRI-эффектах, а также экзотических модах деления позволит прояснить особенности одного из этапов этого процесса - разрыва делящегося ядра на фрагменты. Данные, полученные при выполнении нейтронно-оптической части проекта, будут необходимы для создания новых замедлителей и отражателей нейтронов. Кроме того, они позволят существенно продвинуться в разработке методов нейтронной микроскопии и исследованиях магнитной структуры различных объектов.

Выполнение прикладной программы проекта будет иметь важное социальное значение и способствовать прогрессу экологических, материаловедческих, археологических и нанотехнологических исследований, а также перспективных разработок в области современной электроники и энергетики. Создаваемые и модернизируемые методики элементного и структурного анализа будут востребованы во многих отраслях человеческой деятельности.

Решение задачи количественного разделения вкладов компонентов живописи при элементном анализе микропроб.

Создаваемые и модернизируемые методики элементного анализа в сочетании со статистической обработкой данных могут помочь в решении таких важных вопросов, как атрибуция и косвенное датирование образцов культурного наследия.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
С целью извлечения из экспериментальных данных парциальных нейтронных ширин p-волнового резонанса ^{35}Cl с энергией 398 эВ планируется получить аналитическое описание коэффициента анизотропии вылета γ-квантов в реакции ^{35}Cl(n,γ) используя формализм Сушкова-Фламбаума. Планируется освоить методику определения знака амплитуды испускания γ-квантов определенного перехода на основе экспериментальных данных.

Дальнейшее развитие инструмента на 16-ти метровой пролетной базе 4-го канала установки ИРЕН и методики измерений с целью определения параметров p-волновых нейтронных резонансов в канале упругого рассеяния.

Развитие методов регистрации и реконструкции редких событий деления с использованием позиционно-чувствительных ΔE–E телескопов.

Изучение механизмов тройного и четверного деления тяжёлых ядер на основе анализа энергетических и угловых корреляций продуктов деления.

Получение новых экспериментальных данных по реакции резонансного захвата нейтронов ^{175}Lu(n_{res},γ)^{176}Lu и ^{176}Lu(n_{res},γ)^{177}Lu в области энергий нейтронов до 105 эВ. На основе измерений, выполненных на установке Back-n (CSNS) с использованием HPGe-детектора, планируется исследования резонансов ^{175}Lu в диапазоне 2–105 эВ.

Получение данных о возможных эффектах K-смешивания в волновых функциях высоковозбуждённых состояний компаунд-ядра ^{176}Lu.

Подготовка экспериментальной установки и проведение методических работ для исследования TRI- и ROT-эффектов при нейтронно-индуцированном делении ^{235}U.

Проведение измерений сечений реакции (n,α) на ядрах ^{50,52,53}Cr,^{171}Yb и угловых распределений α-частиц из реакции ^{35}Cl(n,α) на быстрых нейтронах с использованием твердых образцов.

Продолжение работ по определению элементного состава археологических находок, а так же ряда промышленных образцов, методами нейтронного резонансного анализа (радиационный захват, пропускание) на 3-ем канале установки ИРЕН.

Изучение элементных характеристик материалов культурного наследия в контексте актуальных вопросов атрибуции, датирования и археологической интерпретации.

Оценка состояния объектов окружающей среды (воздух, почва, вода) и разработка методов снижения нагрузки на окружающую среду и здоровье человека.

Изучение воздействия наночастиц на растения и животных с целью их применения в сельском хозяйстве и медицине

Подготовка эксперимента по измерению скорости нейтрона в веществе.

Исследование возможностей осуществления опыта Физо с нейтронами.

Измерение сечений нейтронного рассеяния на порошке ДНА в зависимости от его плотности.

Получение мутантов для селекции устойчивых к засухе и засолению почв сортов сельскохозяйственных растений.

4. Разработка концепции источника ультрахолодных нейтронов на импульсном реакторе ИБР-2

Швецов В.Н.
Кулин Г.В.
Заместитель:
Франк А.И.

2026-2027

Реализация

ЛНФ Боднарчук В.И., Булавин М.В., Захаров М.А., Милков В.М., Музычка А.Ю., Незванов А.Ю., Попов А.А., Рогов А.Д., Черников А.Н., Фам Хак Туен, 6 инженеров, 3 рабочих

Краткая аннотация и научное обоснование:
Целью проекта является разработка концепции источника ультрахолодных нейтронов (УХН), отвечающего мировому уровню на импульсном реакторе ИБР-2. Создание источника УХН в ОИЯИ является весьма актуальной задачей. Научная программа исследований на будущем источнике будет основываться на развитии результатов, полученных в предшествующие годы физиками ОИЯИ в сотрудничестве с другими научными центрами. Предполагается, что приоритетными направлениями будет прецизионная проверка слабого принципа эквивалентности методом гравитационной квантовой спектрометрии и изучение универсального Закона Ускорения в квантовом секторе.

Создание интенсивного источника УХН на импульсном реакторе ИБР-2 представляет собой довольно трудную задачу, поскольку при рекордно высоком значении импульсной плотности потока нейтронов этот реактор характеризуются относительно умеренным значением средней плотности. Поскольку реактор ИБР-2 является уникальным, то решение этой задачи сопряжено с поиском совершенно новых технических решений. В настоящее время определена принципиальная схема проектируемого источника. В качестве конвертера предполагается использовать тонкую камеру с жидким водородом. Планируется реализовать принцип импульсного накопления нейтронов (ИНН), позволяющий получить значительный выигрыш в плотности нейтронного газа в материальной ловушке. Для сохранения импульсной структуры потока нейтронов в процессе их транспортировки, что абсолютно необходимо для осуществления принципа ИНН, предложено получать УХН путём замедления более быстрых, очень холодных нейтронов (ОХН) непосредственно перед ловушкой в сверхпроводящей магнитно-резонансной системе.

При реализации проекта в месте расположения будущего источника на 3 канале реактора ИБР-2 будет создан источник-прототип (ИП). От проектируемого источника он будет отличаться отсутствием замедляющей сверхпроводящей магнитно-резонансной системы и криогенным конвертером на основе мезитилена, не требующим принятия сложных мер безопасности. К внутренней поверхности нейтроновода ИП не будет предъявляться столь жестких требований, как к нейтроноводу проектируемого источника. В то же время в главный чертах конструкция ИП будет иметь много общего с конструкцией проектируемого источника. Сооружение ИП позволит проверить правильность технических решений, принятых для создания проектируемого источника, а также провести экспериментальные исследования, необходимые для создания полноценной концепции проектируемого источника. Также создание такого источника позволит получить первый практический опыт работы с нейтронами молодежной части группы, которой предстоит построить источник УХН и начать на нем физические исследования.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Разработка концепции источника УХН мирового уровня на импульсном реакторе ИБР-2.
Создание источника-прототипа для проверки правильности предлагаемых технических решений и проведения экспериментальных исследований, необходимых для создания полноценной концепции проектируемого источника.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ возможностей дополнительного сжатия нейтронных банчей на входе в ловушку УХН.

Анализ проблем безопасности использования криогенного жидководородного конвертера малого объема.

Создание концепции источника УХН на реакторе ИБР-2.

Завершение проектирования источника-прототипа на 3-канале, подготовка конструкторской документации.

Изготовление элементов инженерной инфраструктуры источника-прототипа на 3-канале, обеспечивающей возможность перемещения источника из рабочего в дежурное положение с закрытым шибером.

Изготовление оборудования для проведения экспериментов с очень холодными нейтронами на источнике ОХН.

Создание физического проекта установки спин-эхо для очень холодных нейтронов.

Активность темы:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Нейтронная резонансная спектроскопия	**Балдин А.А.** **Швецов В.Н.**	2025-2027 Изготовление Набор данных

ЛНФ Реброва Н.В., Седышев П.В.

ЛФВЭ Астахов В.И., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Богословский Д.Н., Бушмина Е.А., Блеко Вит В., Блеко Вер В., Клевцова Е.А., Коровкин Д.С., Кухарев В.А., Сафонов А.Б., Семашко С.В., Троян А.Ю., Троян Ю.А., Четвериков С.А., Харьюзов П.Р.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Экспериментальное исследование методов регистрации и измерения нейтронных резонансов при прохождении излучения, генерируемого нейтронным источником, через различные материалы. Нейтронная резонансная спектроскопия и радиография для изучения свойств материалов в экстремальных состояниях.

Развитие и исследование методов неразрушающего контроля изделий и материалов с помощью тепловых и эпитепловых нейтронов.

В рамках разработки методов нейтронной томографии в режиме реального времени на тепловых и резонансных нейтронах будет разрабатываться детектор нейтронных изображений с высоким пространственным (20–50 мкм) и временным (50–100 нс) разрешением, что позволит исследовать широкий спектр быстропротекающих процессов в области физики экстремальных состояний вещества и материаловедения. Метод позволит определять физико-химический состав машиностроительных материалов, газовых полостей в структуре конструкционных материалов с высокой атомной массой. Другое важное преимущество нейтронной радиографии – возможность визуализации водородсодержащих веществ, находящихся в металлической матрице.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Практическая реализация метода неразрушающего измерения параметров материалов в экстремальных состояний. Практическая реализация метода неразрушающего исследования композиционных материалов.

Исследование возможности разработки слаботочных элементов питания на основе распада нестабильных изотопов, получаемых с помощью нейтронного источника.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Продолжение тестовых экспериментов с газовыми, сцинтилляционными и микроканальными детекторами нейтронов.

Разработка системы контроля и регистрации параметров установки ИРЕН.

Сотрудничество по теме 1146

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	БГУ
		ИГГ
		ИРП
Албания	Тирана, TIA	UT
Армения	Ереван, ER	НИЦИКН
Бангладеш	Пабна, Ra	PUST
Беларусь	Гомель, HO	ИРБ НАНБ
	Минск, MI	БГУ
		ИОНХ НАНБ
		ИТМО НАНБ
		ИЭБ НАНБ
		НИИ ФХП БГУ
		НПЦ НАНБ
	Хойники, HO	ПГРЭЗ
Болгария	Пловдив, PLD	PU
		UFT
	София, SOF	IE BAS
		INRNE BAS
Бразилия	Итабуна, BA	UFSB
Венгрия	Будапешт, BUD	RKK OU
Вьетнам	Далат, LD	DNRI
	Ханой, HN	IOP VAST
		VNU
Германия	Майнц, RP	JGU

Страна или МО	Город, регион	Институт
Грузия	Тбилиси, TB	AIP TSU
		TSU
Египет	Александрия, ALX	AU
	Гиза, GZ	CU
		NRC
	Каир, C	EAEA
	Шибин-эль-Ком	MU
	Эль-Мансура, DK	MU
	Эль-Шорук, C	BUE
Индия	Аиджал, MZ	MZU
	Варанаси, UP	BHU
Италия	Рим, RM	ENEA
	Сиена, SI	UNISI
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
	Астана, AST	ЕНУ
	Кызылорда, KZY	КазНИИР
		КУ
Китай	Дунгуань, GD	CSNS
	Пекин, BJ	PKU
	Сиань, SN	NINT
		XJTU
Куба	Гавана, HAV	UH
МАГАТЭ	Вена, AT	МАГАТЭ
Мексика	Мехико, CDMX	Cinvestav
		UNAM
	Морелия, MIC	UMSNH
Молдова	Кишинев, CU	ИМБ АНМ
		ИХ
Монголия	Улан-Батор, ULN	GCRA
		MUST
		NRC NUM
Польша	Гданьск, PM	GUT
	Краков, MA	IFJ PAN
	Лодзь, LD	UL
	Ополе, OP	UO
	Отвоцк-Сверк, MZ	NCBJ
	Познань, WP	AMU
Республика Корея	Тэджон, DJN	KAERI
Россия	Архангельск, ARK	САФУ
	Борок, YAR	ИБВВ РАН
	Владикавказ, SE	СОГУ
	Воронеж, VOR	ВГУ

Страна или МО	Город, регион	Институт
		ВНИИЛГИСбиотех
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Грозный, CE	ЧГПУ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Донецк	ДонФТИ
		ИНФОУ
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"
		Диамант
	Екатеринбург, SVE	ИЭРиЖ
		УрФУ
	Елыкаево, KEM	Сириус. Кузбасс
	Зеленоград, MOW	Ангстрем
		Микрон
	Иваново, IVA	ИГХТУ
	Ижевск, UD	УдГУ
	Иркутск, IRK	ЛИН СО РАН
	Калининград	БФУ
	Кемерово, KEM	КемГУ
	Москва, MOW	ВНИИА РОСАТОМ
		ВНИИКР
		ГИИ
		ГИКМЗ "МК"
		ИА РАН
		ИКИ РАН
		ИМЕТ РАН
		ИОФ РАН
		ИТЭФ
		ИФХЭ РАН
		Квант-Р
		МГУ
		МИСИС
		МНРХУ
		НИИЯФ МГУ
		НИЦ КИ
		Поливуд
		Почвенный инст.
		РИШ
		Сеченовский Ун-т
		СНИИП РОСАТОМ
		ФИАН
	Нижний Новгород	ИФМ РАН
	Новосибирск, NVS	ИФП СО РАН

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Обнинск, KLU	ФЭИ РОСАТОМ
	Пермь, PER	ПГНИУ
	Санкт-Петербург, SPE	Ботанический сад
		НИИФ СПбГУ
		Радиевый инст.
		СПбГЛТУ
		СПГУ
		ФТИ Иоффе
	Севастополь	ИнБЮМ РАН
	Старая Ладога, LEN	СЛ Музей
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
	Тула, TUL	ТулГУ
Румыния	Бая-Маре, MM	TUCN-NUCBM
	Бухарест, B	IFIN-HH
		IGR
		INCDIE ICPE-CA
		UB
	Галац, GL	DJUG
	Клуж-Напока, CJ	INCDTIM
	Констанца, CT	UOC
	Мэгуреле, IF	ISS
	Орадя, BH	UO
	Питешти, AG	ICN
	Рымнику-Вылча, VL	ICSI
	Сибиу, SB	ULBS
	Тимишоара, TM	UVT
	Тырговиште, DB	VUT
	Яссы, IS	NIRDTP
		UAIC
Северная Македония	Скопье, SKP	UKiM
Сербия	Белград, BG	IPB
		NMS
		UB
		VINCA
	Нови-Сад, VO	TFNS
		UNS
Словакия	Братислава, BL	CU
		IEE SAS
Словения	Любляна, LJU	GeoSS
США	Дарем, NC	Duke
	Лос-Аламос, NM	LANSCE LANL
	Ок-Ридж, TN	ORNL

Страна или МО	Город, регион	Институт
Таиланд	Хатъяй, HDY	PSU
Турция	Бандырма, BDM	BANU
	Измир, IZM	NBE EGE
	Чанаккале, CKZ	COMU
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
		Физика-Солнце
Финляндия	Оулу, OUL	UO MRU
Франция	Гренобль, ARA	ILL
		LPSC
	Жив-сюр-Иветт, IDF	LLB
	Сен-Поль-ле-Дюранс	CEA Cadarache
Хорватия	Загреб, ZAG	OIKON
		RBI
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН
Чехия	Прага, PR	CTU
	Ржеж, ST	CVR
Швейцария	Филлиген, AG	PSI
ЮАР	Белвилл, WC	UWC
	Претория, GT	UNISA
	Стелленбос, WC	SU
Япония	Киото, UKI	KSU
	Цукуба, TKB	KEK

03-5-1130-2017

Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности

Руководитель темы: Сидорчук С.И.
Заместитель: Карпов А.В.
Научный руководитель темы: Оганесян Ю.Ц.

Участвующие страны и международные организации:
Беларусь, Бразилия, Вьетнам, Германия, Индия, Италия, Казахстан, Китай, Республика Корея, Россия, Франция, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Синтез и изучение свойств ядер на границах стабильности. Исследование механизмов реакций под действием тяжелых ионов. Изучение ядерно-физических и химических свойств тяжелых и сверхтяжелых элементов.

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов	Иткис М.Г. Карпов А.В.	03-5-1130-1-2024/2028
2. Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности	Каминьски Г. Сидорчук С.И. *Заместители:* Безбах А.А. Фомичев А.С.	03-5-1130-2-2024/2028

Проекты:

Наименование проекта Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководители проекта	Сроки реализации Статус
1. Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов	**Иткис М.Г.** **Карпов А.В.**	2024-2028 Реализация

ЛЯР Абакумов А.М., Абдуллин Ф.Ш., Астахов А.А., Абдусамадзода Д., Аксенов Н.В., Альбин Ю.В., Бодров А.Ю., Батчулуун Э., Вилане Т., Богачев А.А., Божиков Г.А., Веденеев В.Ю., Воинов А.А., Воробьев И.В., Воронцов А.Н., Воронюк М.Г. Востокин Г.К., Гудани Т., Гольцман А.И., Гуляев А.В., Гуляева А.В., Данилкин В.Д., Девараджа Х.М. Д., Дей А., Ибадуллаев Д., Изосимов И.Н., Исаев А.В., Иткис Ю.М., Каранфил Э.Д., Катрасев Д.Е., Княжева Г.Н., Коврижных Н.Д., Когоут П., Когоутова А., Комаров А.Б., Кононенко Г.А., Кузнецов Д.А., Козулин Э.М., Козулина Н.И., Кузнецова А.А., Кульков К.А., Криставчук А.В., Куркова Н.Ю., Лебедев К.В., Мадумаров А.Ш., Малокост А.Ю., Малышев О.Н., Муравьев И.В., Новиков К.В., Новоселов А.С., Петрушкин О.В., Пищальникова Е.В., Подшибякин А.В., Попеко А.Г., Попов Ю.А., Поробанюк Л.С., Поляков А.Н., Пчелинцев И.В., Рачков В.А., Родин А.М., Сабельников А.В., Савельева Е.О., Сагайдак Р.Н., Сатьян С., Сайко В., Саламатин В.С., Сайлаубеков Б., Свирихин А.И., Середа Ю.М., Сокол Е.А., Соловьев Д.И., Тезекбаева М., Теймуров Э., Тихомиров Р.С., Утенков В.К., Ульянов В.В., Уланова И.И., Цыганов Ю.С., Чепигин В.И., Челноков М.Л., Чернышева Е.В., Чупраков И., Цзя Цзымэн, Шубин В.Д., Шумейко М.В., Юхимчук С.А.

ЛТФ Ильяш М., Сен Д.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен на комплексное исследование тяжелейших ядер и атомов: постановка экспериментов по синтезу элементов с Z=119 и 120, синтез новых изотопов сверхтяжелых элементов, исследование ядерных (спектроскопия) и химических свойств сверхтяжелых элементов, изучение динамики ядерных реакций, включая реакции многонуклонных передач, ведущих к образованию нейтроноизбыточных тяжелых ядер.

Проект будет в основном выполняться на Фабрике сверхтяжелых элементов ОИЯИ, введенной в эксплуатацию в 2020 году. Исследование динамики ядерных реакций будет проводиться на ускорительном комплексе У-400 до его остановки на модернизацию. После завершения модернизации исследования продолжатся на У-400Р. Во время модернизации исследования, направленные на изучение динамики и механизмов реакций, будут проводиться на низкоэнергетическом выводе ускорителя У-400М.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Синтез новых сверхтяжелых элементов 119 и 120.

Синтез и изучение характеристик распада сверхтяжелых ядер.

Исследование химических свойств сверхтяжелых элементов.

Спектроскопия радиоактивного распада тяжелых и сверхтяжелых ядер.

Первые эксперименты по измерению масс сверхтяжелых ядер.

Исследования динамики ядерных реакций с тяжелыми ионами.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Проведение экспериментов на сепараторе ГНС-2 Фабрики СТЭ по синтезу элемента 119.

Проведение экспериментов по изучению свойств радиоактивного распада (α-, β-распад, свойства спонтанного деления) короткоживущих изотопов с Z=92-106 на сепараторе SHELS с использованием детектирующих систем GABRIELA и SFiNX, а также сверхтяжелых ядер (Z > 106) и их свойств на сепараторе GRAND (ГНС-3).

Экспериментальное и теоретическое исследование химических свойств гомологов Cn и Fl на сепараторе GRAND Фабрики СТЭ.

Развитие технологии изготовления мишеней и пучковых материалов для экспериментов по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов на Фабрике СТЭ.

Получение летучих веществ ^{50}Ti для ускорения методом MIVOC из ECR-источника циклотрона ДЦ-280. Изготовление ускорительной мишени из ^{249}Bk, нарабатываемом на высокопоточном реакторе СМ-3 в НИИАР.

Исследование массово-энергетических и угловых распределений фрагментов, образующихся в реакциях многонуклонных передач, а также в реакциях слияния-деления и квазиделения.

2. Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности

Каминьски Г.
Сидорчук С.И.
Заместители:
Безбах А. А.
Фомичев А.С.

2024-2028

Реализация

ЛЯР Ажибеков А., Азнабаев Д., Алманбетова Е., Амер А., Белогуров С.Г., Богачев А.А., Бутусов И.В., Батчулуун Э., Вольски Р., Воробьев И.В., Воронцов А.Н., Головков М.С., Горшков А.В., Григоренко Л.В., Ертаева Д., Исатаев Т., Исмаилова А., Иткис Ю.М., Княжева Г.Н., Князев А.Г., Козулин Э.М., Козулина Н.И., Кононенко Г.А., Крупко С.А., Кульков К.А., Лукьянов С.М., Мадонсела Р., Май К.А., Макаров Д.Е., Макинде А., Маслов В.А., Мендибаев К., Молоторенко К.Д., Музалевский И.А., Никольский Е.Ю., Новиков К.В., Парфенова Ю.Л., Рымжанова С.А., Савельева Е.О., Середа Ю.М., Слепнев Р.С., Смирнов В.И., Соболев Ю.Г., Степанцов С.В., Стукалов С.С., Тихомиров Р.С., Турар Р., Фан Н.Х., Хамидуллин Б.Р., Хирк М., Чжу Х., Шаров П.Г., Шахов А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Исследования направлены на изучение структуры легких ядер и ядерных систем вблизи и за границами ядерной стабильности с помощью прямых ядерных реакций (перезарядка, передача одного или двух нуклонов), а также на исследование редких каналов распада и влияние механизмов реакций на наблюдаемые характеристики изучаемых ядер. Применение прямых реакций в изучении структуры изотопов вблизи границ ядерной стабильности способствует получению наиболее достоверных сведений и проверке существующей информации. Экспериментальная программа будет в основном реализована на установках АКУЛИНА-1,2, МАВР с использованием модернизированного ускорительного комплекса У-400М ЛЯР ОИЯИ, позволяющей выполнять широкий спектр экспериментальных исследований легких экзотических ядер на вторичных пучках в диапазоне энергий 5-50 МэВ/нуклон.

Сепаратор АКУЛИНА-2 будет дооснащен радиочастотным фильтром для дополнительной очистки вторичных пучков, магнитным спектрометром для разделения продуктов реакции, комплексом криогенных мишеней изотопов водорода (включая тритий) и гелия, массивом нейтронных детекторов на основе кристаллов стильбена и пластика BC-404, а также системами регистрации заряженных частиц.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Изучение свойств изотопов легких ядер на границах стабильности.

Первые эксперименты с тритиевой мишенью.

Структура изотопов легких ядер на границе стабильности в реакциях (d,p) и (d,n), (t,p), (t,a), (p,d) и др.

Исследование экзотических видов распада, включая эмиссию 2n и 4n.

Исследование процессов нуклонных и кластерных передач (2*n*, *d*, *t*, ^{3}He и др.) в реакциях с легкими ядрами.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Изучение ядер, расположенных вблизи границ нуклонной стабильности.

Постановка экспериментов ^{6,8}He+^{4}He на установках АКУЛИНА-1 и АКУЛИНА-2.

Подготовка и проведение экспериментов на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-1,2 с использованием радиоактивных пучков и криогенных мишеней D_2, ^{4}He.

Проведение экспериментов по измерению сечений отдельных каналов реакций на установке АКУЛИНА-1 с использованием спектрометра МУЛЬТИ.

Постановка экспериментов с легкими экзотическими ядрами на установке АКУЛИНА-1.

Развитие инфраструктуры фрагмент-сепаратора АКУЛИНА-2, включая ВЧ-фильтр и систему тритиевого обеспечения.

Сотрудничество по теме 1130

Страна или МО	Город, регион	Институт
Беларусь	Минск, MI	ИЭ НАНБ
Бразилия	Нитерой, RJ	UFF
Вьетнам	Ханой, HN	IOP VAST
	Хошимин, SG	VNUHCM
Германия	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz
Индия	Калькутта, WB	VECC
	Рупнагар, PB	IIT Ropar
	Рурки, UK	IIT Roorkee
Италия	Неаполь, NA	Unina
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
	Астана, AST	ЕНУ
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS
	Пекин, BJ	CIAE
		PKU
		UCAS
Республика Корея	Тэджон, DJN	IBS
Россия	Воронеж, VOR	ВГУ
	Димитровград, ULY	НИИАР РОСАТОМ
	Москва, MOW	ИНЭОС РАН
		МГУ

Страна или МО	Город, регион	Институт
		НИИЯФ МГУ
		НИЦ КИ
		ФИАН
	Санкт-Петербург, SPE	Радиевый инст.
		СПбГУ
		ФТИ Иоффе
	Саров, NIZ	ВНИИЭФ РОСАТОМ
	Сосновый Бор, LEN	СПИИ "ВНИПИЭТ"
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
Франция	Орсе, IDF	IJCLab
	Страсбург, GES	IPHC
ЮАР	Йоханнесбург, GT	UJ
	Кейптаун, WC	iThemba LABS
	Претория, GT	UNISA

03-2-1100-2010

Неускорительная нейтринная физика и астрофизика

Руководители темы: Якушев Е.А.
Розов С.В.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Бельгия, Болгария, Великобритания, Вьетнам, Германия, Италия, Казахстан, Россия, Словакия, США, Узбекистан, Франция, Чехия, Швейцария, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Поиск и изучение безнейтринного и двухнейтринного двойного бета-распада, выяснение природы нейтрино (майорановская или дираковская), определение абсолютных значений нейтринных масс и их иерархии, поиск магнитного момента электронного нейтрино, поиск возможных проявлений темной материи. Исследование внутриреакторных процессов на Калининской АЭС. Поиск и изучение сигнала когерентного рассеяния реакторных антинейтрино. Прецизионное изучение спектра когерентного рассеяния для поиска проявлений Новой физики. Поиск стерильных нейтрино. Спектроскопия ядер, удаленных от полосы бета-стабильности. Исследование взаимодействия пионов промежуточных энергий с ядрами гелия. Развитие новых методов регистрации заряженных и нейтральных частиц. Разработка методов получения и очистки радионуклидных препаратов для синтеза радиофармпрепаратов. Применение методов сверхтонких взаимодействий для изучения радиофармпрепаратов и их прекурсоров. Разработка и применение методик и методов получения и анализа низкофоновых материалов с уникально низким содержанием радиоактивных примесей.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководитель проекта	Шифр проекта
1.	Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины	Философов Д.В. *Заместители:* Гуров Ю.Б. Иноятов А.Х. Караиванов Д.В.	03-2-1100-1-2024/2028
2.	Исследования реакторных нейтрино на короткой базе	Житников И.В. *Заместители:* Лубашевский А.В. Розов С.В. Ширченко М.В.	03-2-1100-2-2024/2028
3.	Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений	Зинатулина Д.Р. *Заместители:* Гусев К.Н. Пономарев Д.В. Розов С.В.	03-2-1100-3-2024/2028

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации Статус
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
1. Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины	**Философов Д.В.** *Заместители:* **Гуров Ю.Б.** **Иноятов А.Х.** **Караиванов Д.В.**	2024-2028 Реализация НИОКР Изготовление Набор данных

ЛЯП Абд А.М., Алексеев И.В., Алшубаки Х.М., Антохина К.В., Баймуханова А., Ваганов Ю.А., Вагина О.В., Величков А.И., Винокуров Н.А., Вольных В.П., Воробьёва М.Ю., Дадаханов Ж.А., Дадаханова Х.С., Денисова Е., Евсеев С.А., Емельянов А.Н., Заикин А.А., Калинова Б.Е., Камнев И.И., Картавцев О.И., Катулин С.А., Катулина С.Л., Кулькова Е.Ю., Куракина Е.С., Ле В.Х., Ле Т.В., Ледницка Т., Мазарская Н.В., Мирзаев Н.А., Морозов В.А., Морозова Н.В., Морозова Т.А., Мохине Н.Д., Мухина М.В., Немченок И.Б., Пономарев Д.В., Рахимов А.В., Розов С.В., Розова И.Е., Саламатин А.В., Саламатин Д.А.,

Саматов Ж.К., Солнышкин А.А., Стегайлов В.И., Суслов И.А., Темербулатова Н.., Тимкин В.В., Трофимов В.Н., Фам Т.Т., Фарисеева В.В., Фатеев С.В., Философов Д.В., Хусенова Ю.К., Хушвактов Ж.Х., Шахов К.В., Шевченко М.Ю., Щербакова И.С., Якушев Е.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен на развитие методов ядерной спектроскопии и радиохимии для использования в ядерной медицине, астрофизике и нейтринной физике. Проект включает в себя новые методики регистрации частиц, калибровок экспериментальных установок, описания фона, создание уникально чистых материалов и т. п., а также развитие методов ядерной медицины: получение и очистку радиоизотопов, разработку и синтез радиофармпрепаратов, исследование механизмов воздействия на вещество в локациях распада радионуклидов и др.

Конкретные области:
– новые детекторы (полупроводниковые детекторы, жидкие и пластмассовые органические сцинтилляторы, композиционные сцинтилляционные системы регистрации, детекторы нейтронов и радона и др.);

– постраспадная спектроскопия электронов и других излучений с акцентом на предельно низкие энергии;

– традиционная гамма-спектроскопия на полупроводниковых детекторах (ППД) с акцентом на прецизионность определения энергии излучений и активности источников (как точечных, так и объемных) в целях изучения типов распада и определения сечений ядерных реакций;

– методы сверхтонких взаимодействий с использованием радиоактивных меток: метод возмущенных угловых корреляций (ВУК) и эмиссионной мессбауэровской спектроскопии для изучения радиофармпрепаратов и их прекурсоров в водосодержащих системах и других матрицах;

– методы получения и очистки радионуклидных препаратов для синтеза радиофармпрепаратов, в том числе генераторные способы их получения, физико-химические методы оценки свойств радионуклидов и радиофармпрепаратов (их прекурсоров) в гомогенных и гетерогенных системах;

– методики и методы получения и анализа низкофоновых материалов с уникально низким содержанием радиоактивных примесей, в том числе методы масс-спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭ-ИСП), а также другие аналитические и ядерно-спектроскопические методы.

Методы ядерной спектроскопии и радиохимии при изучении свойств нейтрино, поиске частиц темной материи, исследованиях редких физических процессов давно и заслуженно зарекомендовали себя в многочисленных экспериментах, проводимых в области фундаментальной физики и ядерной медицины. Актуальность данной тематики несомненна. Залогом научной новизны проекта является его нацеленность на разработку методик и методов, позволяющих расширить горизонт экспериментов, проводимых в ЛЯП ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Новые детекторы:
– будут разработаны и начнут применяться детекторы на основе карбида кремния (SiC) для регистрации ядерных излучений; планируется использовать SiC-детекторы, обладающие высокой радиационной стойкостью и работоспособностью при высоких температурах (> 400°C), для контроля работы сильноточных ускорителей, ядерных реакторов, а также для диагностики горячей плазмы;

– планируется разработать и исследовать жидкие теллуросодержащие сцинтилляторы для поиска безнейтринного двойного β-распада, а также другие типы жидких и пластмассовых сцинтилляторов;

– ожидается разработка детектирующих композиционных сцинтилляционных систем для нейтринных экспериментов;

– будут разработаны и начнут применяться ^{3}He-счетчики для регистрации низких потоков нейтронов (10^{-6} n × см$^{-2}$ × с и ниже); планируется разработать компактный чувствительный детектор радона, а также технологию изготовления низкоактивных радиоактивных деталей с использованием 3D-печати.

Планируется провести экспериментальное исследование спектров низкоэнергетических электронов (0–50 кэВ) на спектрометре ESA-50 и спектров гамма- и рентгеновского излучений на ППД при радиоактивном распаде с целью получения новых данных о низковозбужденных состояниях ядер и постраспадной релаксации атомных систем, поиск способов проведения спектрометрии постраспадных фотонов (от края инфракрасного излучения до мягкого рентгеновского) в области энергий 1–200 эВ.

Будет разработана методика применения кодов моделирования Geant4, MCNP и FLUKA характеристик HPGe-спектрометров как на ускорителе электронов ЛИНАК-200 с целью определения выходов фотоядерных реакций, так и на других базовых установках ОИЯИ; в рамках изучения редких процессов будут исследованы виды распада широкого круга радионуклидов, будет определено их содержание в образцах (^{96}Zr, ^{40}K, ^{138}La и др.).

Планируется усовершенствование метода возмущенных угловых корреляций (ВУК), а также эмиссионной мессбауэровской спектроскопии с использованием радиоактивных меток ^{111}In, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{119}Sb, ^{119m}Sn, ^{57}Co, ^{161}Tb и др., для изучения радиофармпрепаратов и их прекурсоров (составных частей) в водосодержащих системах, а также других матрицах; будут улучшены физико-химические методы оценки свойств радионуклидов и радиофармпрепаратов в гомогенных и гетерогенных системах.

Радиохимия и ядерная медицина:
– планируется провести исследования сорбционных процессов для различных систем раствор–сорбент как химической основы методик очистки радиопрепаратов (также очистки низкофоновых материалов) и приготовления радионуклидных генераторов для производства радиофармпрепаратов;

– будут разработаны методы производства радионуклидов и их выделения (в том числе и с использованием масс-сепарации) из мишеней, облученных протонами, нейтронами и гамма-квантами для производства радиофармпрепаратов (^{103}Pd, ^{119}Sb, ^{161}Tb, ряд альфа-излучателей и др.);

– на основе реверсно-тандемных методов будет продолжена разработка большого круга радионуклидных генераторов для расширения возможностей получения медицинских радионуклидов; будет рассмотрена возможность создания 1–2 генераторов значимой активности для внешних пользователей;

– будут разработаны методики мечения радионуклидами радиофармпрепаратов на основе хелаторов с «медленной» кинетикой; будет исследована проблема хелатирования радия.

Будут разработаны и реализованы методы получения образцов (^{82}Se, ^{96}Zr, материалы защиты, припой и т. п.) для астрофизических и нейтринных задач с новым ультранизким уровнем содержания примесей (от мБк/кг к мкБк/кг по Th и U); будет применена противоточная хроматография, использованы низкокипящие и другие подготовленные либо отобранные реагенты, а также отобранные и подготовленные материалы реакторов;

– будет разработан и реализован метод анализа образцов на ультранизком уровне чувствительности (от мБк/кг к мкБк/кг по Th и U) с использованием МС-ИСП, нейтронно-активационного анализа (НАА) и других методов; будут разработаны методики прецизионного определения химического и изотопного составов материалов, используемых в астрофизических и нейтринных экспериментах.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Новые детекторы:
– будут определены характеристики детекторов на основе высокочистого карбида кремния (SiC) для спектроскопии ядерных излучений;

– будет отработана методика изготовления опытных образцов пластмассовых сцинтилляторов на основе полистирола с увеличенным содержанием первичной сцинтилляционной добавки, пригодных для разделения n/γ-излучений по форме импульса;

– будет отработана методика получения пластмассовых сцинтилляторов больших размеров, а также исследована возможность введения в них лития или бора;

– ожидается получение результатов разработки композиционных сцинтилляционных систем регистрации для нейтринных экспериментов нового поколения; будет создан прототип вспомогательного детектора для больших реакторных экспериментов и получены первые результаты тестирования с использованием радионуклидных источников;

– планируется тестирование разработанного ^{3}He-счетчика с низким собственным фоном в условиях подземной лаборатории БНО;

– будут продолжены разработки технологий изготовления деталей из низкоактивных радиоактивных пластмасс с использованием 3D-печати и их применения.

Будут предложены схемы спектрометров пострaспадных фотонов (от края инфракрасного излучения до мягкого рентгеновского) в области энергий 1–200 эВ. Будет проведено тестирование прототипа с использованием радионуклидных источников в области 1–5 эВ.

Планируется получить экспериментальные данные о спектрах низкоэнергетических электронов из распада радиоизотопов ^{56}Co, ^{57}Co и ^{155}Eu на бета-спектрометре ESA-50 для тестирования существующих компьютерных кодов, которые были созданы, чтобы оценивать дозовые составляющие оже- и конверсионных электронов в радиационной гигиене и радионуклидной терапии. В рамках выполнения совместного с Республикой Сербия проекта «Новый метод определения эффективности детектирования в гамма-спектроскопии и активности радиоактивных источников, используемых в реальных экспериментах» будут измерены аппаратурные спектры гамма-излучений радиоизотопов ^{139}Ce и ^{207}Bi.

Будут получены выходы и сечения фотоядерных реакций, в частности проведена теоретическая и экспериментальная оценка возможности создания источников нейтронов на базе ускорителя ЛИНАК-200 с использованием реакций на ^{197}Au, ^{nat}Pb и ^{209}Bi; для изучения редких процессов будут уточнены типы распада ряда радионуклидов, их содержания в образцах.

Планируется модернизировать спектрометры ВУК, в том числе и в сотрудничестве с корпорацией NECSA (ЮАР), и произвести запуск новых установок эмиссионной мессбауэровской спектроскопии с использованием радиоактивных меток ^{111}In, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{119}Sb, ^{119m}Sn, ^{57}Co, ^{161}Tb и др.

Радиохимия и ядерная медицина:

Ожидаются результаты исследования сорбционных процессов для различных систем раствор–сорбент и новые схемы получения и разделения радионуклидов.

Будут разработаны и реализованы методы получения образцов (^{96}Zr, ^{57}Fe) для астрофизических и нейтринных задач с новым ультранизким уровнем содержания примесей, получены новые экспериментальные данные.

Будут разработаны методики прецизионного определения элементного состава материалов и образцов, используемых в радиохимических, астрофизических и нейтринных экспериментах, с использованием масс-спектрометра (МС-ИСП). Ввод в эксплуатацию атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой (АЭ-ИСП).

На примере редкоземельных элементов будет оценен выход разделения изотопов с помощью модернизированного электромагнитного масс-сепаратора ЯСНАПП.

Будут получены первые экспериментальные данные на новой базовой установке ЛЯП ОИЯИ – Спектрометрическом кластере, который в базовой конфигурации включает семь спектрометров на основе сверхчистого германия, один сцинтилляционный детектор и один ВУК-спектрометр. Также в составе кластера совместно с ЛЯР ОИЯИ будет создана новая установка для альфа-, бета- и гамма-спектроскопии долгоживущих изотопов сверхтяжелых элементов.

2. Исследование реакторных нейтрино на короткой базе DANSS, Ricochet, νGeN

Житников И.В.
Заместители:
Лубашевский А.В.
Розов С.В.
Ширченко М.В.

2024-2028

Реализация
НИОКР
Модернизация
Набор данных

ЛЯП Абд А.М., Аксенова Ю.В., Алексеев И.В., Белов В.В., Быстряков А., Ваганов Ю.А., Вагина О.В., Васильев С.И., Вольных В.П., Воробьёва М.Ю., Гуров Ю.Б., Гусев К.Н., Довбненко М.С., Доценко И.С., Евсеев С.А., Емельянов А.Н., Житников И.В., Заикин А.А., Илюшкин Д.А., Иноятов А.Х., Казарцев С.В., Калинова Б.Е., Камнев И.И., Караиванов Д.В., Катулин С.А., Катулина С.Л., Киянов С.П., Кузнецов А.С., Кулькова Е.Ю., Ледницка Т., Лубашевский А.В., Мазарская Н.В., Медведев Д.В., Мирзаев Н.А., Морозов В.А., Морозова Т.А., Немченок И.Б., Пономарев Д.В., Пушков Д.С., Розова И.Е., Розов С.В., Саламатин А.В., Саламатин Д.А., Суслов И.А., Темербулатова Н., Тимкин В.В., Фарисеева В.В., Фатеев С.В., Философов Д.В., Фомина М.В., Хушвактов Ж.Х., Шахов К.В., Ширченко М.В., Шевченко М.Ю., Шевчик Е.А., Щербакова И.С., Якушев Е.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В проект входят эксперименты DANSS, Ricochet и νGeN, которые исследуют антинейтрино от ядерных реакторов на расстояниях менее 20 метров. У работ в экспериментах общая сфера исследований, во многом пересекающиеся и совпадающие научные проблемы и способы их решений. Помимо этого, указанные исследования объединены общим научным персоналом и инфраструктурными ресурсами ОИЯИ.

DANSS/DANSS-II – это первая и вторая фазы нейтринного эксперимента, в которых используются сегментированные детекторы из пластмассовых сцинтилляторов для исследований антинейтрино от реактора ВВЭР-1000 на Калининской АЭС. Подъемный механизм позволяет в режиме онлайн перемещать спектрометр на 2 метра по вертикали, обеспечивая диапазон измерений 11–13 м от реактора. В первой фазе эксперимента, закончившейся в феврале 2026 года, высокая степень сегментации детектора DANSS, а также комбинированная активная и пассивная защита обеспечили подавление фона до нескольких процентов относительно рекордного числа регистрируемых нейтриноподобных соб./сут.: ~5000. Ожидается, что новый детектор DANSS-II будет регистрировать в 1,5–2 раза больше полезных событий.

Эксперимент νGeN направлен на исследование фундаментальных свойств нейтрино, в частности поиск магнитного момента нейтрино, упругого когерентного рассеяния нейтрино (УКРН) и других редких процессов. Спектрометр νGeN установлен под активной зоной реактора третьего энергоблока Калининской АЭС. Детектирование процессов рассеяния производится с помощью специально разработанного низкопорогового низкофонового германиевого детектора. С помощью систем активной и пассивной защиты от фонового излучения достигается низкий уровень

фона в области поиска редких событий. Регистрация искомых событий позволяет осуществлять поиск Новой физики за пределами Стандартной модели и, кроме того, может иметь практическое значение, например при разработке детекторов нового поколения для мониторинга работы ядерного реактора по антинейтринному потоку.

Ricochet – это реакторный нейтринный эксперимент нового поколения, направленный на исследование когерентного упругого рассеяния нейтрино на ядрах с процентной точностью в области энергий ядер отдачи ниже 100 эВ, что может стать ключом к Новой физике в электрослабом секторе. В конце 2024 года экспериментальная установка была размещена вблизи исследовательского ядерного реактора Института Лауэ–Ланжевена (ILL). В Ricochet будут использованы два массива криогенных детекторов: CRYOCUBE (германиевые детекторы-болометры, аналогичные используемым в эксперименте EDELWEISS) и Q-ARRAY (сверхпроводящий цинк).

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Основными целями экспериментов DANSS/DANSS-II являются проверка гипотезы осцилляций реакторных антинейтрино в стерильное состояние и долгосрочный прецизионный мониторинг работы ядерного реактора с помощью измерения потока антинейтрино. В усовершенствованной измерительной установке DANSS-II планируется улучшить энергетическое разрешение и увеличить объем детектора, что позволит повысить чувствительность эксперимента к стерильным нейтрино. Поиск осцилляций в легкое ($\Delta m \sim 0{,}1–10$ эВ) стерильное нейтрино является одним из трендов фундаментальной нейтринной физики. Существование стерильного нейтрино могло бы объяснить ряд наблюдаемых противоречивых результатов — прежде всего реакторную и галлиевую (анти)нейтринные аномалии — и одновременно стать революционным открытием Новой физики. Реакторные эксперименты на короткой базе (< 30 м) имеют ряд конкурентных преимуществ в подобной области исследований: гигантский поток антинейтрино от самых интенсивных доступных искусственных источников (анти)нейтрино на Земле и малое расстояние от источника излучения, на котором предполагаемый осцилляционный паттерн еще не размыт. Стоит отметить, что спектрометр DANSS является лидером среди установок подобного типа.

В результате реализации эксперимента νGeN планируется проверить и уточнить параметры эффекта когерентного рассеяния антинейтрино от реактора на ядрах германия, а также после нескольких лет измерений повысить чувствительность к обнаружению магнитного момента электронного (анти)нейтрино до уровня $\sim 1 \times 10^{-11}$ μB, что позволит значительно улучшить существующее сегодня ограничение. Также ожидается получить ограничения на величину миллизаряда электронного антинейтрино, зарядовый радиус. Будет сделана оценка возможности существования других редких процессов или частиц (нестандартных взаимодействий нейтрино, легких скалярных и векторных медиаторов и др.) в целях поиска Новой физики.

В эксперименте Ricochet, согласно разработанной и экспериментально проверенной модели фона, статистическая значимость регистрации УКРН составит от 7,5 до 13,6 σ. Целью эксперимента является достижение целевой ~1% точности. Это на порядок увеличит вероятность открытия Новой физики по сравнению с вероятностью, которая существует в других проводимых сегодня экспериментах.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
DANSS/DANSS-II — Обработка полной статистики измерений эксперимента DANSS. Физический запуск детектора DANSS-II на Калининской АЭС. Получение результатов по восстановлению реакторных антинейтринных спектров по данным измерений DANSS, а также исследованию спектров реакторных антинейтрино высоких энергий.

νGeN — После модернизации системы накопления данных экспериментальная установка будет продолжать набирать данные, регистрируя события с ожидаемым энергетическим порогом ~200–250 эВ. Это позволит значительно улучшить чувствительность эксперимента к УКРН. Также будут продолжены работы по созданию с помощью метода Монте-Карло полной модели фона эксперимента (в первую очередь фона от быстрых нейтронов).

Ricochet — Первый сеанс набора данных, начатый в 2025 года с 18-тью криогенными германиевыми детекторами, показал, что детекторы имеют медианное энергетическое разрешение на уровне 62 эВ и 34 эВee для фононных и ионизационных каналов соответственно. Порог регистрации ядерных отдач составил 250–300 эВnr, что соответствует ожидаемой регистрации 1,8–1,4 событий когерентного рассеяния в день. В целом планируется проведение семи реакторных циклов ON/OFF с достижением не менее 2 сигм чувствительности в первой фазе. Во второй фазе с улучшенными германиевыми детекторами и разрабатываемыми кремниевыми детекторами до 2031 года для прецизионного изучения УКРН будет достигнута чувствительность на уровне 7 сигм.

3. Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений LEGEND, CDEX, SuperNEMO, MONUMENT, Zr-BNO, Se-LSM	**Зинатулина Д.Р.** *Заместители:* **Гусев К.Н.** **Пономарев Д.В.** **Розов С.В.**	2024-2028 Реализация НИОКР Модернизация Набор данных

ЛЯП Абд А.М., Аксенова Ю.В., Алексеев И.В., Белов В.В., Ваганов Ю.А., Вагина О.В., Васильев С.И., Вольных В.П., Воробьёва М.Ю., Гуров Ю.Б., Гусев К.Н., Доценко И.С., Емельянов А.Н., Житников И.В., Заикин А.А., Зинатулина Д.Р., Илюшкин Д.А., Иноятов А.Х., Казарцев С.В., Калинова Б.Е., Камнев И.И., Караиванов Д.В., Картавцев О.И., Катулин С.А., Катулина С.Л., Клименко А.А., Кочетов О.И., Кузнецов А.С., Кулькова Е.Ю., Ледницка Т., Лубашевский А.В., Мазарская Н.В., Мирзаев Н.А., Морозов В.А., Морозова Т.А., Немченок И.Б., Пономарев Д.В., Рахимов А.В., Розов С.В., Румянцева Н.С., Рыков М.Ю., Саламатин А.В., Саламатин Д.А., Сушенок Е.О., Темербулатова Н., Тимкин В.В., Третьяк В.И., Трофимов В.Н., Фарисеева В.В., Фатеев С.В., Философов Д.В., Фомина М.В., Хусаинов Т., Шахов К.В., Шевченко М.Ю., Шевчик Е.А., Ширченко М.В., Шихада А.М., Щербакова И.С., Якушев Е.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект включает в себя шесть основных экспериментов: LEGEND (Large Enriched Germanium Experiment for Neutrinoless double beta Decay), CDEX (China Dark Matter Experiment), SuperNEMO (Neutrino Ettore Majorana Observatory), MONUMENT (Muon Ordinary capture for NUclear Matrix elemENTs), Zr-BNO и Se-LSM. Эксперименты решают задачи, связанные с поиском и исследованием различных типов двойного бета-распада (двухнейтринного $2\nu\beta\beta$ и безнейтринного $0\nu\beta\beta$), с применением методов ядерной спектроскопии. Регистрация двойного бета-распада позволит ответить на вопрос о природе нейтрино (процесс возможен только для майорановских частиц) и будет однозначно свидетельствовать о существовании Новой физики за пределами Стандартной модели.

Создание компактного сферического модульного мюонного детектора DSTAR (Detection System for Tracking Angular Radiation) на основе пластмассовых сцинтилляторов и кремниевых фотоумножителей. Детектор предназначен для прецизионного измерения потока космических мюонов и их углового распределения, а также для развития методик мюонографии при решении прикладных задач.

Ожидаемые результаты по завершению проекта:
Эксперимент LEGEND является преемником проектов GERDA и Majorana и создан для поиска безнейтринного двойного бета-распада ^{76}Ge ($0\nu\beta\beta$). В LEGEND используются открытые детекторы из германия, обогащенного изотопом ^{76}Ge. Эти детекторы погружены в жидкий аргон. Эксперимент LEGEND проводится в два этапа. На первом этапе – LEGEND-200 – планируется использование около 200 кг ^{76}Ge с целью достижения чувствительности в 10^{27} лет после пяти лет накопления данных. На втором этапе – LEGEND-1000 – в течение 10 лет будет проводиться измерение 1 тонной обогащенного германия. Низкий уровень фона, высокое энергетическое разрешение и эффективная дискриминация по топологии событий обеспечат возможность однозначного обнаружения $0\nu\beta\beta$-распада при $T_{1/2} = 10^{28}$ лет.

Целью эксперимента CDEX является поиск безнейтринного бета-распада и темной материи в подземной лаборатории CJPL с помощью обогащенных германиевых детекторов.

Программа демонстрационного модуля SuperNEMO включает прецизионные измерения двухнейтринного двойного бета-распада ($2\nu\beta\beta$) и направлена на достижение наилучших ограничений на $0\nu\beta\beta$ для изотопа ^{82}Se.

Целью эксперимента MONUMENT является проведение измерений мюонного захвата на нескольких дочерних — по отношению к кандидатам на $0\nu\beta\beta$-распад — ядрах.

В рамках проекта выполняются исследования по изучению редких двойных бета-распадов ряда изотопов. В настоящее время проводятся два эксперимента: Zr-BNO и Se-LSM.

Целью эксперимента Zr-BNO является поиск двойного бета-распада ^{96}Zr на возбужденные состояния ^{96}Mo и поиск бета-распада ^{96}Zr в ^{96}Nb с использованием уникального образца обогащенного циркония, впервые наработанного в РФ центрифужным методом.

Целью эксперимента Se-LSM является поиск двойного бета-распада ^{82}Se на возбужденные состояния ^{82}Kr с помощью низкофонового спектрометра OBELIX в подземной лаборатории LSM в Модане с использованием образца обогащенного селена весом 6,5 кг.

Будет создан и испытан мюонный детектор DSTAR, состоящий из 64 сцинтилляционных модулей, с единой системой синхронизации и системой формирования событий по совпадениям; планируется сформировать эталонный набор данных, полученный в наземных, подземных и глубоководных условиях; намечена разработка алгоритмов решения обратной задачи мюонной томографии для восстановления распределений плотности вещества; будет разработано необходимое программное обеспечение; планируется подготовка методических материалов. Будут измерены мюонные потоки на разных глубинах озера Байкал, проведены подземные измерения в Баксанской нейтринной обсерватории. Будет проводиться мониторинг мюонного фона на Калининской АЭС и в толще водоемов на разной глубине.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Будет продолжено накопление данных установки LEGEND-200 в подземной лаборатории Гран-Сассо и проведение

работ по оптимизации шумовых и фоновых условий эксперимента. Будут произведены и протестированы новые германиевые детекторы. Одновременно будут выполнены НИОКР по разработке систем аргонового вето для LEGEND-1000 и подготовлено начало монтажа установки LEGEND-1000 в лаборатории Гран-Сассо.

Набор калибровочных данных на спектрометре Демонстратор SuperNEMO. Набор данных по 0νββ- и 2νββ-распадам в ядре ^{82}Se. Планируется достичь активности радона в 0,15 мБк м$^{-3}$.

Для эксперимента CDEX будет разработана и изготовлена защита от радиоактивного фона ^{42}Ar и других примесей в криогенных жидкостях. В рамках исследования нейтронного фона в CJPL планируется разработать новые нейтронные детекторы повышенной чувствительности и провести измерения с ними.

Продолжение работ по проекту MONUMENT. Подготовка и проведение экспериментальной кампании в PSI с обогащенными мишенями углерода (^{12}C и ^{13}C), включающей НИОКР в ОИЯИ (проведение тестирования кремниевых стриповых детекторов, калибровок, моделирование). Измерения мюонного захвата с твердыми мишенями ^{12,13}C (исследование легких ядер с точки зрения проверки теоретических моделей, применимых для двойного бета-распада). Продолжение обработки экспериментальных данных, получение парциальных скоростей мюонного захвата в ^{136}Ba и ^{76}Se и выпуск статей по полным скоростям.

Модернизация спектрометра TGV (детекторной части и электроники). Измерение на установке TGV обогащенного ^{106}Cd.

Zr-BNO — Результаты измерений обогащенного образца ^{96}Zr на низкофоновых установках в ОИЯИ и БНО.

LSM-OBELIX — Результаты измерений обогащенного образца ^{82}Se на низкофоновой установке OBELIX в подземной лаборатории LSM в Модане. В 2027 году запланировано изучения β+EC- и EC/EC-распадов ^{58}Ni на возбужденные состояния ^{58}Fe путем измерения образца Ni с массой ~21,7 кг, содержащего ~68% ^{58}Ni. Измерение фоновых характеристик спектрометра и проведение калибровочных измерений для оценки собственного фона установки.

DSTAR — Будут проанализированы данные первой кампании на Онежском озере; модернизированы предусилители и испытаны в лабораторных условиях; изготовлен второй идентичный детектор и описаны его характеристики; выполнены сравнительные измерения двух установок; проведена новая серия подводных измерений на глубинах до 100 м; продолжена разработка программного обеспечения для обработки данных и оценки эффективной глубины.

Активности темы:

Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1. Ядерный болометр проекта SATURNE	**Трофимов В.Н.**	2025-2027
		НИОКР

ЛЯП Коломиец В.Г., Неганов А.Б., Приладышев А.А., Рыков М.Ю., Федоров А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Данная активность является частью программы «Исследование упругого когерентного рассеяния нейтрино на атомах, ядрах и электронах и измерение электромагнитных характеристик нейтрино с использованием интенсивного тритиевого источника антинейтрино» (проект SATURNE: SArov TritiUm neutRiNo Experiment), финансируемой Федеральным бюджетом РФ и Росатомом. В рамках активности ЛЯП ОИЯИ участвует в разработке низкотемпературных систем детектирования, а именно: в изготовлении прототипов низкотемпературных гелиевого и кремниевого детекторов на базе рефрижератора растворения ^{3}He в ^{4}He, а также в изучении различных способов генерации и детектирования импульсов элементарных возбуждений в сверхтекучем гелии.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Будут получены данные по различным способам генерации и детектирования импульсов элементарных возбуждений в сверхтекучем гелии.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Ввод в эксплуатацию и тестирование созданной в ОИЯИ криогенной системы на основе сухого криостата растворения ^{3}He–^{4}He с температурой 20 мК или ниже. Подготовительные работы по созданию кремниевых детекторов-болометров: напыление электродов, подготовка электроники для регистрации сигналов с термометрического сенсора детектора, выбор типа термометрического сенсора.

2. DUBTO-2 **Понтекорво Д.Б.** 2025-2027

Обработка данных

ЛЯП Белолаптиков И.А., Гребенюк В.М., Густов С.А., Молоканов А.Г., Панюшкин В.А. Рождественский А.М., Розов С.В., Розова И.Е., Сабиров Б.М., Швыдкий С.В.

ЛЯР Науменко М.А., Фролов В.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Данная активность является продолжением работ, выполненных в проектах DUBTO и PAINUC, то есть это будет совместный эксперимент ОИЯИ и НИЯФ Италии (INFN), посвященный исследованиям пион–гелиевых взаимодействий при энергиях ниже Δ-резонанса. В этом эксперименте будут использоваться данные, полученные на Фазотроне ОИЯИ с помощью разработанной в ЛЯП техники самошунтирующихся стримерных камер. Целью является получение дополнительной экспериментальной информации о $\pi^{\pm}{}^{4}$He-взаимодействии при 106 и 68 МэВ, которая важна для развития теоретических идей и моделей ядерной материи.

Ожидаемые результаты по завершении активности:

Будут получены различные распределения кинематических параметров $\pi^{\pm}{}^{4}$He -взаимодействий, таких как импульсов и углов вылета вторичных частиц и инвариантных масс двух и трех частиц. В частности, будут уточнены вероятности различных каналов $\pi^{\pm}{}^{4}$He-взаимодействия.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Исследование идентификации тяжёлых продуктов π+4He-взаимодействий по кинематике; использование набранных данных для получения различных кинематических распределений (измерены около 1000 3х-лучевых событий); подготовка к анализу оставшейся статистики событий π+4He-взаимодействий (около 10 000 1-, 2х- и 3х-лучевых событий); исследование возможности идентификации сильно ионизующих (тяжёлых) продуктов π+4He-взаимодействий по светимости следов.

3. Низкофоновые спектрометры в БНО ИЯИ РАН **Пономарев Д.В.** 2026-2028

Реализация
Обработка данных

ЛЯП Антохина К.В., Быстряков А.Д., Горшков Н.С., Довбненко М.С., Евсеев С.А., Казарцев С.В., Лубашевский А.В., Розов С.В., Хусаинов Т., Якушев Е.А.

ИЯИ РАН Казалов В.В. + 5 чел.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Данная активность является вспомогательной для экспериментов, выполняемых в рамках экспериментов по теме 1100. Активность направлена на создание, поддержание и развитие спектрометрической инфраструктуры ОИЯИ в Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН (БНО). Наличие такой инфраструктуры позволит проводить изучение низкофоновых образцов, проверять материалы спектрометрических установок на радиационную чистоту, определять собственный фон различных детекторов и компонентов измерительных установок, откроет возможность организации новых экспериментов по поиску редких процессов в низкофоновых условиях.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Будут созданы новые низкофоновые спектрометрические детекторы и установки, изучен фон детекторов, изготовляемых и применяемых в ЛЯП ОИЯИ, проведен анализ фоновых условий различных возможных мест размещения будущих экспериментов в БНО, отобраны материалы для низкофоновых экспериментов. Будут изучены свойства детекторов нейтронов в условиях низких потоков тепловых нейтронов БНО.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
В 2027 году будет создан стенд тестирования нейтронных детекторов на основе ^{3}He-трубок, изготавливаемых в ЛЯП ОИЯИ, созданы две новые спектрометрические установки на основе низкофоновых HPGe-детекторов.

Сотрудничество по теме 1100

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	ИРП
Бельгия	Лёвен, VBR	KU Leuven
Болгария	Пловдив, PLD	PU
	София, SOF	INRNE BAS
Великобритания	Лондон, LND	IMPERIAL
Вьетнам	Ханой, HN	IOP VAST
Германия	Гейдельберг, BW	MPIK
	Мюнхен, BY	TUM
	Тюбинген, BW	Ун-т
Италия	Ассерджи, AQ	INFN LNGS
	Турин, TO	INFN Turin
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
Россия	Воронеж, VOR	ВГУ
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"
	Москва, MOW	ИТЭФ
		МГУ
		МИФИ
		ФИАН
	Нейтрино, KB	БНО ИЯИ РАН
	Нижний Новгород	ИФМ РАН
		НГТУ
	Саров, NIZ	ВНИИЭФ РОСАТОМ
Словакия	Братислава, BL	CU
США	Айдахо-Фоллс, ID	INEEL
	Кембридж, MA	MIT
	Остин, TX	UT
	Таскалуса, AL	UA
	Чапел-Хилл, NC	UNC
	Эванстон, IL	NU
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
Франция	Бордо, NAQ	LP2i
	Гренобль, ARA	CNRS
		ILL
	Лион, ARA	UL
	Модан, ARA	LSM LPSC
	Орсе, IDF	IJCLab
Чехия	Прага, PR	CTU
		CU

Страна или МО	Город, регион	Институт
Швейцария	Филлиген, AG	PSI
	Цюрих, ZH	UZH
Япония	Осака, OSA	UOsaka
	Цуруга, TRG	WERC

Физика конденсированных сред (04)

04-4-1147-2024

Оптические методы в исследованиях конденсированных сред

Руководители темы: Арзуманян Г.М.
Кучерка Н.

Заместитель: Маматкулов К.З.

Участвующие страны и международные организации:
Армения, Беларусь, Вьетнам, Египет, Казахстан, Россия, Сербия, Узбекистан.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Фундаментальные и прикладные исследования низкоразмерных материалов (2D материалы и гетероструктуры Ван дер Ваальса) методом рамановской спектроскопии и апконверсионной люминесценции. Флуоресцентная микроскопия и колебательная спектроскопия в исследованиях фото-активированной программируемой клеточной гибели (нетоз и апаптоз). Спектроскопия липид-белковых взаимодействий и вторичной структуры белков. Освоение низкочастотной рамановской спектроскопии.

Проект по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. НАНОБИОФОТОНИКА	**Арзуманян Г.М.** **Маматкулов К.З.**	04-4-1147-1-2024/2028 Набор данных Реализация

ЛНФ Абдельджаават Х., Арынбек Е., Быкова Н.А., Дамир А., Ле Дык Хюи, Морковников И.А., Фам Бао Чи, Эшонкулова М.Н.

ЛТФ Осипов В.А.

ЛИТ Стрельцова О.И.

ЛРБ Душанов Э.Б.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Со времен открытия методики получения графена в 2004 году, двумерные материалы (2DMs) привлекают большое внимание из-за качественных изменений их физических и химических свойств вследствие эффекта квантового размера, связанного с их наноразмерными толщинами. Атомарно тонкие двумерные дихалькогениды переходных металлов (TMDCs), такие как MoS_2, WSe_2 и другие, проявляют сильную связь между светом и веществом, что делает их потенциально интересными кандидатами для различных применений в электронике, оптике и оптоэлектронике. Они могут быть собраны в гетероструктуры и сочетать в себе уникальные свойства составляющих их монослоев. Рамановская спектроскопия является одним из наиболее неразрушающих и относительно быстрых методов характеризации таких материалов, обеспечивающих высокое спектральное разрешение. Колебательные частоты в рамановском спектре низкоразмерных материалов демонстрируют характерные особенности образца, включая форму линии, положение пика, спектральную ширину и интенсивность. Эти параметры содержат полезную информацию о физических, химических, электронных и транспортных свойствах таких материалов.

Весьма перспективны оптические методы исследований также и в Науках о Жизни. В частности, комбинирование колебательной спектроскопии с флуоресцентной микроскопией, позволит детально изучить механизмы и сигнальные пути фото-активированной программируемой клеточной гибели – нетоза. Рамановская спектроскопия является тонким и очень информативным инструментом в выявлении вторичной структуры белков и чувствительна к липид-белковым взаимодействиям.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Спектрально-структурные свойства 2D-материалов, синтезированных методом плазмонно-усиленного химического осаждения из газовой фазы (CVD).

Исследование механизма усиления рамановского сигнала от молекул аналитов, адсорбированных на двумерных материалах. Изучение их защитных свойств применительно к биомолекулам.

Ап-конверсионная люминесценция на низкоразмерной платформе: исследования в зависимости от образца и длины волны лазерного возбуждения.

Спектроскопический анализ конформационных трансформаций во вторичной структуре белков, присутствующих в различных мембранных миметиках, в том числе, в зависимости от pH и температуры.

Моделирование липидно-белкового взаимодействия методами молекулярной динамики (MD) и теории функционала плотности (DFT).

Выявление механизмов и сигнальных путей фотоиндуцированного нетоза под действием УФ, видимого и ИК излучений. Идентификация первичных акцепторов фотоиндуцированного нетоза.

Характеризация результатов одновременного или последовательного воздействия лазерного излучения на двух разных длинах волн на интактные клетки нейтрофилов.

Рамановская спектроскопия сверхнизких частот ~ 10 $см^{-1}$ при различных длинах волн возбуждения рамановского сигнала.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Спектрально-структурные свойства 2D-материалов, синтезированных методом плазмонно-усиленного химического осаждения из газовой фазы (CVD).

Ап-конверсионная люминесценция на низкоразмерной платформе: исследования в зависимости от образца и длины волны лазерного возбуждения.

Фотоиндуцированная модуляция иммунного ответа: новый подход, основанный на селективном по длине волны воздействии непрерывного и мерцающего света на живые клетки.

Сотрудничество по теме 1147

Страна или МО	Город, регион	Институт
Армения	Ереван, ER	ЕГУ
Беларусь	Минск, MI	БГУИР
		ИБиКИ
		СОЛ инструментс
Вьетнам	Ханой, HN	IMS VAST
		IOP VAST
Египет	Эль-Минья, MN	MU
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
Россия	Москва, MOW	МГУ
Сербия	Белград, BG	UB
Узбекистан	Джизак, JI	ДФНУУ

Радиационные исследования в науках о жизни (05)

05-7-1077-2009

Исследования биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками

Руководители темы: Бугай А.Н.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Вьетнам, Египет, Италия, Куба, Монголия, Россия, Сербия, Словакия, Узбекистан, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Теоретические и экспериментальные исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий на базовых установках ОИЯИ.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Молекулярные, генетические и организменные эффекты действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками	Борейко А.В. Лобачевский П.Н.	05-7-1077-1-2024/2028
2.	Радиационно-биофизические и астробиологические исследования	Падрон Диас И. Розанов А.Ю.	05-7-1077-2-2024/2028

Проекты:

	Наименование проекта Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководители проекта	Сроки реализации Статус
1.	**Молекулярные, генетические и организменные эффекты действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками**	**Борейко А.В.** **Лобачевский П.Н.**	2024-2028 Набор данных Реализация Моделирование

ЛРБ Базлова Т.Н., Буденная Н.Н., Виноградова В.С., Виноградова О.О., Виноградова Ю.В., Голикова К.Н., Голубева Е.В., Ержан К., Жучкина Н.И., Замулаева И.А., Исакова М.Д., Коваленко М.А., Кожина Р.А., Кокорева А.Н., Колесникова И.А., Колтовая Н.А., Комова О.В., Корогодина В.Л., Котб О., Кошлань И.В., Кошлань Н.А., Крупнова М.Е., Кузьмина Е.А., Куцало П.В., Лал М., Ларионова И.И., Лхасурэн П.О., Матчук О.Н., Мельникова Ю.В., Мельникова Л.А., Насонова Е.А., Нгуен Б., Нгуен Т., Нуркасова А., Пахомова Н.В., Петрова Д.В., Пронских Е.В., Рамирес Сантьестебан Р., Рыбкин В.А., Сахарова С.К., Северюхин Ю.С., Смекина И.В., Смирнов Т.В., Смирнова Е.В., Стешина Е.В., Тилавова Г.Т., Тиунчик С.И., Утина Д.М., Фам Т., Храмко Т.С., Чаусов В.Н., Шванева Н.В., Шамина Д.В., Шипилова Е.А., Эрнандес Гонсалес И., Ясинская А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Целью проекта является исследование закономерностей и механизмов молекулярных, генетических и организменных эффектов действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками. Использование в радиобиологических экспериментах ионизирующих излучений широкого диапазона линейных передач энергии позволяет получать уникальную информацию о характере нарушений структуры ДНК клеток при облучении, механизмах формирования генных и структурных мутаций в клетках с различным уровнем организации генома, закономерностях действия корпускулярных излучений на опухолевые образования при лучевой терапии.

В рамках проекта будут решаться фундаментальные и прикладные вопросы современной радиационной биологии: формирование и репарации кластерных повреждений ДНК в нормальных и опухолевых клетках при действии ускоренных заряженных частиц; исследование радиосенсибилизирующего действия модификатора репарации ДНК арабинозидцитозина (АраЦ) в комбинации с различными молекулярно-биологическими комплексами при облучении опухолевых клеток и тканей; изучение закономерностей индукции генных и структурных мутаций у нормальных и опухолевых клеток при действии заряженных частиц; исследование первичных и отдаленных

морфологических и функциональных изменений в центральной нервной системе млекопитающих при действии излучений с различными физическими характеристиками.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Изучить закономерности формирования кластерных ДР ДНК при действии ускоренных заряженных частиц различных энергий в ядрах фибробластов кожи человека, опухолевых клетках и нейронах различных отделов центральной нервной системы облученных животных.

Исследовать кинетику репарации кластерных ДР ДНК в пострадиационный период в ядрах фибробластов кожи человека и радиорезистентных опухолевых клетках.

Исследовать закономерности и механизмы радиосенсибилизирующего действия АраЦ в комбинации с различными молекулярно-биологическими комплексами на нормальные и опухолевые клетки при действии излучений с различной ЛПЭ.

Исследовать количественные закономерности выживаемости нормальных и опухолевых клеток при облучении в условиях комбинации модификаторов репарации ДНК.

Изучить закономерности индукции точечных и структурных мутаций у клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* излучениями с разной ЛПЭ.

Изучить влияние гетерогенности клеточной популяции у гаплоидных дрожжей на радиационно-индуцированный мутагенез. Оценить мутагенез в различных фазах клеточного цикла.

Изучить влияние нарушения дыхания в результате повреждения митохондриальной ДНК на чувствительность к мутагенному действию излучения.

Исследовать механизм радиорезистентности и его влияние на радиационно-индуцированный мутагенез у дрожжевых мутантов.

Выполнить исследование радиационно-индуцированного мутагенеза и сопоставить выход хромосомных аберраций в клетках китайского хомячка при максимальном и минимальном уровне мутагенеза в зависимости от времени экспрессии и ЛПЭ ускоренных ионов.

Провести анализ структурных нарушений в *hprt*-гене и их проекции на нарушения хромосомного аппарата клеток.

Выполнить исследование биологической эффективности протонных пучков методом mFISH.

Методом mFISH изучить биологическую эффективность низкоэнергетического рентгеновского излучения при облучении *in vitro* лимфоцитов крови человека.

Оценить вклад комплексных хромосомных аберраций в биологическую эффективность плотноионизирующих изучений при облучении нормальных и опухолевых клеток человека *in vitro.*

Выполнить исследование первичных и отдаленных морфологических и функциональных изменений в центральной нервной системе крыс при действии излучений с различными физическими характеристиками.

Провести исследования средств фармакологической защиты при воздействии ионизирующих излучений.

Провести исследование влияния излучений с различной ЛПЭ на патогенез в органах и тканях организма мелких лабораторных животных.

Исследовать активацию микроглиальных клеток в культуре клеток и маркеров воспаления в мозге мышей при действии ионизирующих излучений разного качества.

Исследовать возможность модуляции активации микроглиальных клеток в облученной культуре и нейровоспаления в мозге облученных мышей с использованием ингибиторов к рецепторам сигнальных путей, вовлеченных в эти процессы.

Исследовать *in vivo* закономерности радиосенсибилизирующего влияния арабинозидцитозина в комбинации с другими молекулярно-биологическими комплексами на рост опухоли меланомы у мышей при комбинированном действии этих соединений и протонного излучения.

Изучить влияние комбинированного действия АраЦ и других молекулярно-биологических комплексов на выживаемость различных линий нормальных и опухолевых клеток по критерию клонообразования при облучении рентгеновскими лучами и протонами.

Исследовать кинетику формирования и элиминации повреждений ДНК в культуре клеток глиобластомы и других радиорезистентных линий при облучении протонами и рентгеновскими лучами в присутствии АраЦ и других молекулярно-биологических комплексов.

Изучить закономерности формирования двунитевых разрывов ДНК в различных отделах центральной нервной системы при облучении *in vivo* протонами и рентгеновскими лучами в условиях влияния комбинации радиомодификаторов.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Продолжить анализ закономерностей формирования, репарации и структуры сложноорганизованных кластерных повреждений ДНК методом иммуноцитохимического окрашивания белков репарации γH2AX, 53BP1, OGG1, XRCC1 при действии ускоренных заряженных частиц и рентгеновского излучения в культурах нормальных и опухолевых клеток (фибробласты человека, глиобластома U87, мышиная меланома B16, асцитная карцинома Эрлиха, BxPC-3/PANC-1) и нейронах различных отделов центральной нервной системы (ЦНС) животных.

Продолжить подбор молекулярно-биологических комплексов, повышающих радиочувствительность опухолевых клеток в комбинации с арабинозидцитозином, и исследования закономерностей и механизмов их радиосенсибилизирующего действия на выживаемость, индукцию апоптоза, формирование и элиминацию повреждений ДНК в нормальных и опухолевых клетках *in vitro* и *in vivo* при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками.

Продолжить мониторинг цитогенетических эффектов методом mFISH у пациентов, получивших курсы радиотерапии опухолей.

Продолжить исследование методом mFISH кариотипов и генетической стабильности нормальных и опухолевых линий клеток млекопитающих и человека, в зависимости от их происхождения и длительности культивирования.

Завершить анализ хромосомных аберраций, индуцированных в лимфоцитах периферической крови обезьян Macaca mulatta после воздействия тяжелых заряженных частиц.

Продолжить исследование биологической эффективности и индуцируемого спектра хромосомных аберраций в нормальных и опухолевых клетках млекопитающих и человека при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками.

Продолжить анализ нарушений долговременной памяти и патоморфологических изменений в ЦНС при действии ускоренных заряженных частиц.

Провести оценку нарушений памяти и исследовательской активности, изменений электрофизиологических показателей коры и гиппокампа мозга крыс в отдален-ный период при локальном облучении головного мозга на установке SARRP.

Продолжить оценку нейропротекторных свойств активатора сигнального пути Nrf2 на модели локального облучения мозга мышей.

Продолжить изучение радиосенсибилизирующего действия АраЦ на динамику ро-ста опухоли у мышей с использованием сингенных моделей в различных режимах фракционирования при моделировании лучевой терапии.

Продолжить скрининг потенциальных радиомодификаторов, включая металлокомплексы протопорфиринов, бор-нитридных квантовых точек и различных соединений растительного происхождения, с целью определения их цитотоксичности и влияния на радиочувствительность нормальных и опухолевых клеток на основе микропланшетных подходов.

Разработать теоретическую модель для интерпретации спектрофотометрических свойств химического дозиметра на основе ферросульфата, бензойной кислоты и ксиленолового оранжевого; оптимизировать состав указанного дозиметра на основе разработанной модели и ее проверки по экспериментальным данным; исследовать зависимость относительной химической эффективности дозиметра от линейной передачи энергии излучения.

Провести сравнительный анализ индукции повреждений ДНК различного типа (повреждений оснований, однонитевых и двунитевых разрывов) на молекулярном уровне в плазмидной модели ускоренными заряженными частицами с разными физическими характеристиками.

Продолжить исследование влияния концентрации перехватчиков радиационно-индуцированных радикалов на выход повреждений ДНК при действии рентгеновского облучения с использованием плазмидной модели.

Продолжить анализ морфологических, физиологических и генетических постполетных изменений свойств микроорганизмов по результатам экспериментов на биоспутнике БИОН-М №2.

2.	**Радиационно-биофизические и астробиологические исследования**	**Падрон Диас И.** **Розанов А.Ю.**	2024-2028 Набор данных Реализация Моделирование

ЛРБ Аксенова С.В., Афанасьева А.Н., Батова А.С., Бескровная Л.Г., Буденный С.А., Васильева М.А., Глебов А.А., Гордеев И.С., Давыдов Д.В., Душанов Э.Б., Енягина И.М., Капралов М.И., Колесникова Е.А., Костюхов А.Ю., Легошин Ю.К.. Лесовая Е.Н., Ломакин Н.В., Лхагваа Б., Мунхбаатар Б., Нгуен Т., Павлик Е.Е., Панина М.С., Пархоменко А.Ю., Рюмин А.К., Садыкова О.Г., Сапрыкин Е.А., Устинов Н.В., Чижов А.В., Шумейко Д.С..

ЛЯР Каминski Г., Митрофанов С.В., Павлов Л.А., Тетерев Ю.Г., Тимошенко К.Д.

ЛНФ Зиньковская И., Кучерка Н., Удовиченко К.В., Фронтасьева М.В., Чураков А.В., Швецов В.Н., Юшин Н.С.

ЛИТ Зуев М.И., Нечаевский А.В., Палий Ю., Стрельцова О.И., Хведелидзе А.

ЛЯП Глаголев В.В., Иноятов А.Х., Карамышева Г.А., Мицын Г.В., Рожков В.А., Сотенски Р., Шелков Г.А.

ЛФВЭ Балдин А.А., Сыресин Е.М.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Наличие в ОИЯИ широкого спектра источников ионизирующих излучений, в особенности пучков тяжелых ионов различных энергий, предоставляет уникальную возможность для решения целого ряда фундаментальных проблем радиобиологии и астробиологии, а также практических задач, связанных с исследованиями космоса и развитием радиационной медицины.

В связи с высокой сложностью и стоимостью проведения биологических экспериментов на ускорительных комплексах первостепенное значение имеет совершенствование методик эксперимента, обеспечение дозиметрии и радиационной безопасности, а также проведение соответствующего компьютерного моделирования. Наиболее актуальными проблемами здесь являются необходимость экспериментального воспроизведения энергетического и спектрального состава космических и иных видов ионизирующих излучений, поиск способов неразрушающего анализа уникальных образцов и автоматизированной обработки данных биологических экспериментов, а также высокая сложность и ресурсоемкость компьютерного моделирования процессов в живых системах.

Настоящий проект направлен на решение комплекса вышеперечисленных проблем, возникающих в радиобиологических и астробиологических исследованиях. В ходе его реализации предполагается провести разработку новых установок для облучения и систем дозиметрии, внедрить методы неразрушающего анализа уникальных образцов, разработать и протестировать системы для автоматизированной компьютерной обработки биологических данных, сформулировать новые математические модели и вычислительные подходы для радиобиологии, биоинформатики и радиационной медицины, выявить механизмы и пути каталитического синтеза пребиотических соединений при действии радиации.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Обеспечение дозиметрии и организация облучения биологических образцов на ускорителях ОИЯИ.

Модернизация и введение в эксплуатацию установки ГЕНОМ-3.

Развитие мультимодальной системы томографии мелких лабораторных животных.

Оборудование помещения для радиобиологических экспериментов с использованием радионуклидов.

Создание прототипа симулятора космического излучения.

Разработка и тестирование приборов дозиметрии и спектрометрии нейтронов.

Развитие информационной системы работы с экспериментальными данными в виде двумерных изображений, данных компьютерной томографии и видеозаписей.

Разработка протоколов разметки двумерных изображений и видеоматериалов, формирование размеченной базы данных.

Тестирование реализованных алгоритмов анализа, разработка и регистрация программного обеспечения, предназначенного для автоматизированной обработки данных.

Разработка математической модели формирования различных типов повреждений ДНК и их репарации, модели формирования мутаций и хромосомных аберраций.

Моделирование нарушений структуры и функций мутантных и оксидированных форм белков методом молекулярной динамики.

Разработка математической модели радиационно-индуцированной гибели опухолевых клеток и прогнозирования роста опухолей в ходе применения перспективных методов лучевой терапии.

Теоретическая оценка радиационно-индуцированных нарушений работы ЦНС на основе математических моделей нейронных сетей с учетом повреждения синаптических рецепторов, оксидативного стресса, нарушения нейрогенеза и глиогенеза.

Выявление возможных путей и условий формирования пребиотических соединений при облучении космического вещества или земных горных пород в сочетании с простейшими органическими молекулами.

Проведение структурного и элементного анализа микрофоссилий и органических соединений в различных метеоритах ядерно-физическими методами.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Продолжить разработку математических моделей индукции и репарации кластерных повреждений ДНК различной сложности в нормальных и опухолевых клетках млекопитающих и человека, находящихся в разных фазах клеточного цикла, при действии ускоренных заряженных частиц с разными характеристиками.

Продолжить разработку математических моделей влияния ионизирующих излучений в сочетании с радиосенсибилизаторами на рост перевиваемых опухолей у лабораторных мышей.

Продолжить разработку математических моделей динамики роста популяций нормальных и опухолевых клеток при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками.

Продолжить разработку математической модели индукции хромосомных аберраций в клетках млекопитающих и человека при действии ионизирующих излучений с различными характеристиками.

Продолжить исследование методами молекулярной динамики взаимодействие молекул перспективных радиомодификаторов со структурами клетки, такими как ДНК, мембраны и белки-мишени.

Обеспечить проведение плановых и сервисных работ по техническому обслуживанию установок CellRad, XCELL320 и SARRP.

Продолжить разработку программных комплексов для совершенствования расчетных методов определения физических характеристик полей излучения и прецизионной дозиметрии для рентгеновских установок SARRP, CellRad и XCELL320.

Продолжить работы по совершенствованию методик компьютерной томографии мелких лабораторных животных.

Продолжить работы по совершенствованию методик дозиметрии при работе на базовых установках Института: станциях для прикладных исследований ИСКРА и СИМБО, установке ЛИНАК-200 и установке GENOM-3.

Обеспечить проведение методических и радиобиологических экспериментов на установке GENOM-3 с использованием пучков тяжелых ионов циклотрона U400M.

Продолжить моделирование радиационных полей при работе станций для при-кладных исследований ИСКРА и СИМБО в Измерительном павильоне комплекса NICA.

Продолжить исследование радиационных полей с использованием метода спектрометрии на основе сфер Боннера на базовых установках Института.

Продолжить работы по расчетам и разработке нового нейтронного дозиметра широкого диапазона энергий на основе гелиевого и борного счетчиков.

Разработать и испытать пассивную сборку для формирования тормозного фотонного излучения для радиобиологических исследований на ускорителе ЛИНАК-200.

Начать разработку конструкторской документации на симулятор космического радиационного поля для станции прикладных исследований СИМБО в Измерительном павильоне комплекса NICA.

Продолжить исследование процессов фоссилизации микроорганизмов и морфологическое описание обнаруженных в метеоритах микрофоссильных остатков.

Провести бактериально-палеонтологические исследования древних земных пород и морфологическое сопоставление с находками из метеоритов.

Обобщить накопленные данные по углистым хондритам в виде монографии.

Активность темы:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Подготовка специалистов по радиационной безопасности и радиобиологии	**Бугай А.Н.** **Борейко А.В.**	2024-2028
		Реализация

ЛРБ Бескровная Л.Г., Буденная Н.Н., Виноградова О.О., Виноградова Ю.В., Гордеев И.С., Гришанин А.К., Душанов Э.Б., Енягина И.М., Капралов М.И., Кошлань И.В., Лесовая Е.Н., Лобачевский П.Н., Мокров Ю.В., Розанов А.Ю., Северюхин Ю.В., Храмко Т.С., Чаусов В.Н.

Сотрудничество по теме 1077

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	Хазар Ун-т
Армения	Ереван, ER	ЕГУ
		ННЛА
		РАУ
Беларусь	Гомель, HO	ИРБ НАНБ
	Минск, MI	ИБиКИ
		Ин-т физиологии НАНБ
		НИИ ЯП БГУ
		НПЦ НАНБ
Болгария	София, SOF	IE BAS
		IMech BAS
		Inst. Microbiology
		NCRRP
Вьетнам	Ханой, HN	IMS VAST
		INPC VAST
		VINATOM
Египет	Мадинат-эс-Садат, BH	USC
Италия	Витербо, VT	UNITUS
Куба	Гавана, HAV	CEA
		CIGB
		CNEURO
		CPHR
		UH
	Сан-Хосе-де-лас-Лахас, HAV	CENTIS
Монголия	Улан-Батор, ULN	NRC NUM
Россия	Борок, YAR	ГО "Борок" ИФЗ РАН
	Владивосток, PRI	ДВФУ
		ТИБОХ
	Казань, TA	ФИЦ КазНЦ РАН
	Москва, MOW	ГАИШ МГУ
		ИБМХ
		ИВНД и НФ РАН

Страна или МО	Город, регион	Институт
		ИГЕМ РАН
		ИКИ РАН
		ИМБП РАН
		МГУ
		МКНЦ
		НИЦ КИ
		НМИЦ ДГОИ
		ПИН РАН
		ФМБЦ ФМБА
		ФЦМН ФМБА
	Новосибирск, NVS	ИК СО РАН
	Обнинск, KLU	МРНЦ НМИЦР
	Пущино, MOS	ИФХиБПП РАН
	Сочи, KDA	НИИ МП
	Троицк, MOW	ИСАН
	Челябинск, CHE	ЮУрГУ
Сербия	Белград, BG	IBISS
		IORS
		UB
		VINCA
Словакия	Братислава, BL	CU
Узбекистан	Паркент, TO	ИМ Физика-Солнце
	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
ЮАР	Белвилл, WC	CPUT
		UWC
	Кейптаун, WC	iThemba LABS
		UCT

05-2-1132-2017

Исследование молекулярно-генетических механизмов адаптаций экстремофильных организмов

Руководитель темы: Кравченко Е.В.

Участвующие страны и международные организации:
Египет, Россия, США.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Изучение механизмов адаптации экстремофильных организмов к физико-химическим стрессам и их использование для защиты других организмов.

Проект по теме:

	Наименование проекта	Руководитель проекта	Шифр проекта
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		Статус
1.	**TARDISS** **Защита от физико-химических стрессов с помощью белков тихоходок**	**Кравченко Е.В.**	05-2-1132-1-2021/2028 Реализация

ЛЯП Апраксина С.В., Зарубин М.П., Коробейникова А.В., Кушельникова Т.В., Рзянина А.В., Тарасов К.А., Яхненко А.С.

ЛНФ Иваньков А.И., Муругова Т.Н.

НХП ЦПФ (ЛЯР) Андреев Е.В., Нечаев А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Механизмы адаптаций живых организмов к существованию в экстремальных условиях представляют большой интерес для прикладных и фундаментальных исследований. В особенности, механизмы устойчивости к ионизирующему излучению, высокой минерализации окружающей среды, воздействию тяжелых металлов, высоких и низких температур, высокому давлению. В условиях увеличения уровня радиационного фона за счет различных техногенных составляющих, проблемы космического излучения, препятствующего длительному пребыванию живых организмов в космосе, необходимости защиты от радиации здоровых тканей в ходе лучевой терапии злокачественных опухолей и ряда общих механизмов, лежащих в основе старения клеток и их повреждения ионизирующим излучением, изучение новых механизмов увеличения радиорезистентности является одним из важнейших направлений молекулярной биологии и радиобиологии.

Представители Tardigrada (тихоходки) относятся к группе наиболее устойчивых к различным видам стресса животных на Земле, в том числе тихоходки способны выживать после воздействия как редко- так и плотно ионизирующего излучения в дозах около 5 кГр.

Белок Dsup является новым белком, открытым в 2016 году в тихоходке *Ramazzottius varieornatus* – одном из самых радиорезистентных видов многоклеточных организмов. Ранее нами были созданы линии *D. melanogaster* и культура клеток человека HEK293, экспрессирующие данный белок, для которых мы показали значительное увеличение радиорезистентности в ходе облучения разными видами ионизирующего излучения. Для линий *D.melanogaster*, экспрессирующих *Dsup*, был проведен транскриптомный анализ, выявивший влияние белка Dsup на ряд процессов на клеточном и организменном уровне. Полученные нами результаты были опубликованы в 2023 г. в журнале iScience (Q1) (https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106998). В ходе проведенных экспериментов по определению структуры белка Dsup впервые была произведена оценка физических размеров молекулы белка Dsup, установлены некоторые параметры комплекса ДНК-Dsup и показано существование возможной вторичной структуры белка Dsup.

Решаемые в ходе выполнения проекта задачи являются новыми и важным не только для фундаментальной молекулярной биологии и радиобиологии, но и для прикладных направлений биотехнологии, космических исследований и других дисциплин, требующих повышения уровня радиорезистентности организмов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Создание регулируемой схемы экспрессии гена, кодирующего белок Dsup, в модельном объекте *melanogaster* для разработки управляемой системы временного повышения радиорезистентности всего организма.

Оценка влияния белка Dsup на компактизацию хроматина в клетках для установления фундаментальных характеристик работы белка Dsup и картирование новых регуляторных элементов в геноме *melanogaster*.

Получение данных о стабильности и свойствах белка Dsup в ходе воздействия высоких температур и ионизирующего излучения для оценки применения этого белка для фармакологии и медицины, как криопротектора, консерванта и стабилизатора вакцин и других ДНК\РНК содержащих препаратов, а также как протекторного агента при радио- и химиотерапии.

Разработка методики и материала для выделения нуклеиновых кислот из растворов и концентрирования ДНК и РНК из различных биологических жидкостей с помощью белка Dsup.

Получение гибридных молекул Dsup-противоопухолевый препарат и разработка системы эффективной доставки гибридных молекул в ядро клетки.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Планируется разработка методики эффективной загрузки наночастиц золота в экзосомы с использованием различных физико-химических подходов с последующей комплексной характеристикой полученных систем экзосомальной доставки наночастиц в клетки методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), эксклюзионной хроматографии и др. Методом клоногенного анализа будет оценена выживаемость облученных опухолевых клеток, предобработанных загруженными наночастицами золота экзосомами. Предполагается, что экзосомальная доставка наночастиц золота в клетки с их последующим облучением рентгеновским излучением обеспечит более выраженный радиосенсибилизирующий эффект по сравнению со свободными наночастицами золота за счет более эффективной интернализации наночастиц, что обусловлено высокой биосовместимостью экзосом и их способностью проникать в клетки путем естественных клеточных механизмов везикулярного транспорта (рецептор-опосредованный эндоцитоз, макропиноцитоз, прямое слияние мембран экзосомы и клетки-мишени), обеспечивающих прямую эффективную внутриклеточную доставку терапевтического груза непосредственно в цитоплазму клетки.

Планируется методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) проанализировать структурную организацию комплекса Dsup-ДНК, включая размеры и измерение длины контура ДНК. В частности, АСМ позволит визуализировать распределение молекул Dsup вдоль двойной спирали, оценить характер связывания (кооперативный или равномерный) и выявить возможные конформационные переходы ДНК (изгибы, петли, конденсация), что даст количественные характеристики физико-химического взаимодействия в комплексе.

Планируется начать разработку системы направленной доставки радиопротекторного белка Dsup в культуры нормальных клеток человека с использованием экзосомальных векторов, что позволит в последующих экспериментах количественно оценить эффективность внутриклеточной доставки этого радиопротектора и биологическую активность препаратов на основе белка Dsup *in vitro*.

Сотрудничество по теме 1132

Страна или МО	Город, регион	Институт
Египет	Асуан, ASN	ASWU
	Нью-Борг-эль-Араб, ALX	GEBRI
Россия	Москва, MOW	МГУ
		НМИЦ РК
США	Тампа, FL	USF

Информационные технологии (06)

06-6-1119-2014

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

Руководители темы: Шматов С.В.
Чулуунбаатар О.

Заместители: Войтишин Н.Н.
Зрелов П.В.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Великобритания, Вьетнам, Грузия, Египет, Италия, Казахстан, Китай, Мексика, Монголия, Россия, Сербия, Словакия, США, Таджикистан, Узбекистан, Франция, ЦЕРН, ЮАР, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Тема направлена на организацию и обеспечение вычислительной, алгоритмической и программной поддержки подготовки и реализации экспериментальных и теоретических исследований, проводимых с участием ОИЯИ, разработку, развитие и использование вычислительных методов для моделирования сложных физических систем, изучаемых в рамках проектов ПТП ОИЯИ. В рамках темы будет осуществляться разработка математических методов и программного обеспечения, в том числе на основе алгоритмов машинного и глубокого обучения с использованием рекуррентных и сверточных нейронных сетей, для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа данных экспериментов в области физики элементарных частиц, ядерной физики, физики нейтрино, радиобиологии и др. Особое внимание будет уделено созданию систем распределенной обработки и анализа данных экспериментов и информационно-вычислительных платформ поддержки исследований, проводимых в ОИЯИ и других исследовательских центрах.

Основные направления работы – математическая и вычислительная физика для поддержки крупных инфраструктурных проектов ОИЯИ, в первую очередь, флагманского проекта ОИЯИ NICA в режиме работы на фиксированной мишени (BM@N) и в режиме коллайдера для столкновений релятивистских тяжелых ионов (MPD), а также на поляризованных пучках (SPD); нейтринного телескопа Baikal-GVD. Будет продолжено сотрудничество с экспериментами в мировых ускорительных центрах (ЦЕРН, BNL и пр.), экспериментами в области физики нейтрино и астрофизических экспериментах, программами радиобиологических исследований. Рассматривается возможность применения разрабатываемых методик и алгоритмов в рамках других проектов.

Главным направлением в моделировании сложных физических систем, включая состояния плотной ядерной материи и квантовые системы, будет разработка методов, комплексов программ и проведение численного исследования на основе решения соответствующих систем нелинейных, пространственно-многомерных интегральных, интегро-дифференциальных или дифференциальных уравнений в частных производных с большим количеством параметров, характеризующихся наличием критических режимов, бифуркаций и фазовых переходов с комплексным применением методов вычислительной физики, квантовой теории информации и гибридных квантово-классических методов программирования.

Кроме того, будет продолжена подготовка специалистов в области вычислительной физики и информационных технологий в рамках IT-школы.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных	Шматов С.В. *Заместители:* Айриян А.С. Войтишин Н.Н.	06-6-1119-1-2024/2031
2.	Методы вычислительной физики для исследования сложных систем	Земляная Е.В. Чулуунбаатар О. *Заместители:* Калиновский Ю.Л. Хведелидзе А.	06-6-1119-2-2024/2031

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных	**Шматов С.В.** *Заместители:* **Айриян А.С.** **Войтишин Н.Н.**	2024-2031 Реализация

ЛИТ Акишин П.Г., Акишина Е.П., Александров Е.И., Александров И.Н., Аникина А.И., Баранов Д.А., Бежанян Т.Ж., Бондарев М.Ю., Буша Я. (мл), Буша Я. (ст), Гнатич С., Гребень Н.В., Григорян О.А., Двизов Б.П., Дереновская О.Ю., Дидоренко А.В., Дикусар Н.Д., Зуев М.И., Иванов В.В., Ильиных С.Д., Казаков А.А., Кирьянов А.К., Кодолова О.Л., Конак А.С., Корсаков Ю.В., Коршунова П.А., Костенко Б.Ф., Мигунов И.А., Минеев М.А., Монаков Н.Г., Мусульманбеков Ж.Ж., Нечаевский А.В., Никитенко А.Н., Никонов Э.Г., Олейник Д.А., Ольшевский В.Г., Омелянчук С.С., Осетров Е.С., Ососков Г.А., Пальчик В.В., Папоян В.В., Пелеванюк И.С., Петров Н.К., Петросян А.Ш., Подгайный Д.В., Поликарпов С.М., Пряхина Д.И., Пугачёв А.И., Рахмонова А., Сатышев И., Седельников А.С., Слепнев С.К., Слижевский К.В., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Стариков Д. А., Степаненко Ю.Ю., Стрельцова О.И., Толочко Е.Н., Тухлиев З.К., Ужинский А.В., Ужинский В.В., Фоменок Д.В., Франк-Каменецкая С.Д., Хабаев З.К., Чадеева М.В., Чеснокова М.А., Чинарьян А.Р., Чистов Р.Н., Чубов А.Ю., Шадмехри С., Шарипов З.А., Яковлев А.В.

ЛФВЭ Алексахин В.Ю., Апарин А.А., Аушев Т.А., Беспалов Ю.В., Будковский Д.В., Бурмасов Н.А., Бычков А.В., Габдрахманов И.Р., Галоян А.С., Герценбергер К.В., Головатюк В.М., Дряблов Д.К., Жижин И.А., Зинченко А.И., А.Ю. Каменев, Капишин М.Н., Каржавин В.Ю., Козлов Д.Н., Коробицин А.А., Крылов А.В., Крылов В.А., Крышень Е.Л., Ленивенко В.В., Лобастов С.П., Мерц С.П., Мошкин А.А., Никифоров Д.Н., Пацюк М., Рогачевский О.В., Рябов В.Г., Тараненко А.В., Шалаев В.В., Шульга С.Г.

ЛТФ Зыкунов В.А., Казаков Д.И., А.Л. Нурышева, Савина М.В., Теряев О.В., Тонеев В.Д.

ЛНФ Балашою М.А., Вергель К.Н., Иваньков А.И., Исламов А.Х., Ковалев Ю.С., Куклин А.И., Пепелышев Ю.Н., Рижиков Ю.Л., Рогачев А.В., Ской В.В., Фронтасьева М.В.

ЛЯП Бедняков В.А, Белолаптиков И.А., Борина И.В., Бородин А.Н., Гринюк А.А., Гуськов А.В., Денисенко И.И., Дима М.-О., Дима М.-Т., Дик В., Елжов Т.В., Жемчугов А.С., Звездов Д.Ю., Курбатов В.С., Наумов Д.В., Пан А.Е., Сиренко А.Э., Сороковиков М.Н., Шайбонов Б.А.

ЛРБ Колесникова И.А., Северюхин Ю.С., Утина Д.М.

Ассоциированный персонал Амирханов А.Н., Алпатов Е.В., Бузыкаев А.Р., Булеков О.В., Дубинин Ф.А., Дуров А.И., Егоров А.Ю., Захаров А.М., Курова А.С., Лазарев А.А., Левков А.А., Мокоена Т.Э., Морозихин А.Н., Мосолова Е.О., Нартов А.Р., Нигматкулов Г.А., Поваров А.С., Смирнов С.Ю., Солдатов Е.Ю., Тетерин П.Е.

Краткая аннотация и научное обоснование:

Проект направлен на организацию и обеспечение вычислительной поддержки подготовки и реализации физической программы исследований, проводимых с участием ОИЯИ, разработку и развитие математических методов и программного обеспечения для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа данных экспериментов в области физики элементарных частиц, ядерной физики, физики нейтрино, радиобиологии и др. Особое внимание будет уделено созданию систем распределенной обработки и анализа данных экспериментов и информационно-вычислительных платформ поддержки исследований, проводимых в ОИЯИ и других исследовательских центрах.

Основные направления работы – математическая и вычислительная физика для поддержки крупных инфраструктурных проектов ОИЯИ, среди которых, в первую очередь, флагманский проект ОИЯИ NICA в режиме работы на фиксированной мишени (BM@N) и в режиме коллайдера для столкновений релятивистских тяжелых ионов (MPD) и на поляризованных пучках (SPD), нейтринный телескоп Baikal-GVD.

Также будет продолжено сотрудничество с экспериментами в мировых ускорительных центрах (ЦЕРН, BNL и пр.), экспериментами в области физики нейтрино и астрофизических экспериментах, программами радиобиологических исследований.

Рассматривается возможность применения разрабатываемых методик и алгоритмов в рамках других проектов мега-сайенс (CEPC, STCF и др.).

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Ревизия генераторов взаимодействий и их развитие для моделирования процессов взаимодействий легких и тяжелых ядер в том числе при энергиях NICA, процессов рождения частиц-кандидатов на роль темной материи, дополнительных хиггсовских бозонов и процессов, идущих с нарушением лептонного числа для условий LHC и CEPC.

Разработка алгоритмов реконструкции треков заряженных частиц для экспериментальных комплексов, в том числе на NICA и LHC, создание соответствующего программного обеспечения и его применение для обработки и анализа данных, изучения физико-технических характеристик детекторных систем.

Разработка масштабируемых алгоритмов и программного обеспечения для обработки многопараметрических, многомерных, иерархических наборов данных эксабайтного объема, в том числе на основе рекуррентных и сверточных нейронных сетей, для задач машинного и глубокого обучения, предназначенных в первую очередь для решения различных задач в экспериментах по физике частиц, в том числе для мегапроекта NICA и нейтринных экспериментов.

Создание и развитие системы обработки и анализа данных для экспериментов на ускорительном комплексе NICA ОИЯИ.

Развитие системы обработки и анализа данных для реконструкции событий экспериментов в рамках реализации программы ОИЯИ в области физики нейтрино.

Разработка алгоритмов и программного обеспечения для исследовательских проектов ОИЯИ в области нейтронной физики.

Разработка алгоритмов, программного обеспечения и информационно-вычислительных платформ для радиобиологических исследований, прикладных исследований в области протонной терапии и экологии.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Создание программы моделирования упругого рассеяния легких ядер для эксперимента NICA SPD.

Расчеты выходов спектаторных нейтронов и ядерных фрагментов в ядро-ядерных соударениях для разработки мелко-гранулярного детектора для мало-угловых частиц.

Анализ модельных данных о коллективных потоках в ядро-ядерных взаимодействиях для первых экспериментов NICA MPD.

Дальнейшее усовершенствование и поддержка генератора для моделирования столкновений тяжелых ионов DCM-QGSM-SMM: включение кулоновской диссоциации ядер, учет зависимости времени жизни резонансов от плотности барионной материи, учет деформации сталкивающихся ядер.

Участие в работах коллабораций BM@N, SRC и MPD. Массовая генерация различных ядерных реакций для нужд детекторных групп BM@N, SRC и MPD.

Усовершенствование модели SCQM-FCC. Расчеты энергии связи ядер. Определение границы нейтронной стабильности для тяжелых ядер. Оценка параметров сверхтяжелых ядер.

Оценка систематической неопределенности в реконструкции лептонов и струй на данных CMS 2024 года.

Оптимизация критериев отбора для поиска темной материи в рамках моделей IDM, 2HDM+a, а также выбор наиболее эффективного метода для выделения процессов рождения темной материи.

Сравнение экспериментальных данных и симуляции в контрольных областях для поиска димюонного эксцесса на данных CMS 2024 года.

Завершение работы по апробации коллаборацией CMS анализа многочастичных корреляций при энергии 13 ТэВ. Приступить к исследованию многочастичных корреляций при энергии 13.6 ТэВ.

Развитие и реализация алгоритма моделирования кластеров на микростриповой плоскости трекового GEM детектора эксперимента BM@N с использованием генеративных сетей глубокого обучения, включая подготовку репрезентативной выборки с последующим обучением модели, которая учитывает влияние магнитного поля на формирование сигнала.

Разработка модуля нейросети GATNN для определения физических параметров треков в эксперименте SPD.

Разработка и внедрение программы идентификации мюонов в систему обработки данных эксперимента SPD.

Доводка модуля нейромодели GATNN с его предварительной разметкой на новых данных MPD, обученного для сшивки кусков треков, разорванных в местах нечувствительности детектора TPC.

Апробация ряда алгоритмов для разделения перекрывающихся сигналов на данных симуляции откликов в катодно-стриповых камерах эксперимента CMS.

Поддержка программного обеспечения для описания геометрии и проведения реконструкции кассет HGCAL CMS тестового стенда в холодной комнате в рамках официального пакета программного обеспечения CMS.

Разработка и реализация алгоритма классификации гамма-квантов и фоновых событий при регистрации широких атмосферных ливней в эксперименте TAIGA с использованием нейронных сетей и сверточных архитектур с целью достижения уровня подавления фоновых событий порядка 105 при сохранении высокой эффективности регистрации гамма-квантов.

Завершение работ по обновлению архитектуры системы обработки данных Baikal-GVD.

Публикация обновленных версий программ SAS, PSD2SAS, FITTER_WEB (включая регистрацию программ для ЭВМ) и их внедрение в регулярную обработку данных пользователями.

Развитие программного комплекса для определения полного набора поправочных параметров детекторов STS и GEM эксперимента BM@N для новых сеансов набора данных, включая исследование устойчивости получаемых параметров при различных конфигурациях установки.

Проведение предварительных исследований по разработке программного комплекса для юстировки детекторов эксперимента MPD, включая анализ геометрической модели детекторной системы, определение требований к алгоритмам юстировки и подготовку прототипов программных модулей для оценки точности восстановления геометрических параметров детекторов.

Разработка ПО для оффлайн реконструкции данных эксперимента MPD и реконструкции TPC+ToF в рамках пакета ACTS.

Внедрение в эксплуатацию новых версий геометрической и конфигурационной информационных систем эксперимента BM@N, усовершенствование систем в соответствии с запросами пользователей, завершение работы по созданию системы DQA, адаптация указанных систем для использования в других экспериментах NICA.

Проведение работ по улучшению систем Event Index, CREST, TDAQ проекта ATLAS.

Проведение исследования по организации федеративной системы хранения данных SPD для центров ориентированных на анализ данных (малых центров обработки).

Реализация системы мониторинга первичной обработки данных эксперимента SPD.

Тестирование созданной системы на полноформатном прототипе (~3000 ЦПУ) с использованием смоделированных данных SPD.

Разработка алгоритма на основе нейросетевого подхода для задачи классификации траектории мелких лабораторных животных в поведенческом тесте «Водный лабиринт Морриса».

Развитие веб-сервиса MOSTLIT путем добавления новых модулей для расчета числовых показателей, необходимых для радиобиологических исследований.

Разработка веб-сервиса для 3D-анализа данных, получаемых в ЛРБ ОИЯИ в экспериментах по изучению репарации ДНК фокусов.

Разработка и апробация методов калибровки low-cost сенсоров на основе современных подходов машинного обучения и моделей квантовых нейронных сетей.

Разработка и развитие методов прогнозирования состояния окружающей среды на основе искусственного интеллекта и данных дистанционного зондирования Земли.

Разработка и апробация методов классификации и детекции в условиях ограниченных обучающих выборок.

Разработка и исследование методов синтетического расширения датасетов в задачах классификации при ограниченном объёме обучающих данных.

2.	**Методы вычислительной для исследования сложных систем**	**Земляная Е.В.** **Чулуунбаатар О.** *Заместители:* **Калиновский Ю.Л.** **Хведелидзе А.**	2024-2031 Реализация

ЛИТ	Абгарян В., Адам Г., Адам С., Айриян А.С., Айрян Э.А., Акишин П.Г., Аникина А.И., Бадреева Д.Р., Барашенков И.В., Башашин М.Б., Брусилова И.В., Боголюбская А.А., Бордаг Л., Буреш М., Буша Я. (мл.), Буша Я. (ст.), Верховцева К.Д., Волобуева Д.А., Волохова А.В., Воскресенская О.О., Годеридзе Д., Григорян О., Гусев А.А., Зуев М.И., Карамышева Т.В., Ковалев О.О., Кокаев Д.А., Корняк В.В., Кулябов Д.С., Лукьянов К.В., Мавлонбердиева С.Д., Махалдиани Н.В., Малых М.Д., Михайлова Т.И., Никонов Э.Г., Палий Ю., Папоян В.В., Петухов Е.Д., Подгайный Д.В., Полякова Р.В., Рахмонова А.Р., Рихвицкий В.С., Рогожин И.А., Сархадов И., Саха Б., Стрельцова О.И., Сюракшина Л.А., Тарасов О.В., Толочко Е.Н., Торосян А.Г., Тухлиев З.К., Хмелев А.В., Червяков А.М., Чулуунбаатар Г., Чулуунбаатар Х., Шарипов З.А., Шипунов Г.А., Юкалова Е.П., Юлдашев О.И., Юлдашева М.Б., Ямалеев Р.М.
ЛТФ	Абдельгани М.А., Виницкий С.И., Воскресенский Д.Н., Гнатич М., Донков А.А., Куликов К.В., Лукьянов В.К., Мардыбан Е.В., Назмитдинов Р.Г, Попов Ю.В., Рахмонов И.Р., Фризен А.В., Шукринов Ю.М., Юкалов В.И., Юшанхай В.Ю.
ЛЯР	Батчулуун Э.
ЛНФ	Киселев М.А., Кучерка Н., Перепелкин Е.Е.
ЛЯП	Карамышев О.В., Карамышева Г.А., Лавров Г.К., Ляпин И.Д., Попов Е.П.
ЛФВЭ	Белов О.В., Бычков А.В., Никифоров Д.Н.
ЛРБ	Бугай А.Н., Чижов А.В.
Ассоциированный персонал	Батбаатар С., Бэгзсурэн Х., Дуламрагчаа У., Намсрай Ц., Няихуу Б., Христова Р.Д.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект нацелен на разработку и применение математических и вычислительных методов для моделирования сложных физических систем, изучаемых в рамках ПТП ОИЯИ и описываемых системами динамических нелинейных, пространственно неодномерных интегральных, интегро-дифференциальных или дифференциальных уравнений, зависящих от параметров моделей. Эволюция решений таких систем может характеризоваться наличием критических режимов, бифуркаций и фазовых переходов. Математическое моделирование является неотъемлемой частью современных научных исследований и требует адекватной математической постановки задач в рамках изучаемых моделей, адаптации известных или развития новых численных подходов для эффективного учета особенностей исследуемых физических процессов, разработки алгоритмов и комплексов программ для высокопроизводительного моделирования на современных вычислительных системах, включая ресурсы МИВК. В 2027–2031 гг. исследования в рамках проекта будут продолжены в следующих основных направлениях:

i. Разработка методов, алгоритмов и комплексов программ для проведения численных исследований взаимодействий различных типов в сложных системах ядерной, атомной, молекулярной физики и квантовой механики.
ii. Моделирование многофакторных процессов в материалах и конденсированных средах под внешними воздействиями.
iii. Развитие численных методов и решение задач моделирования при проектировании экспериментальных установок и оптимизации режимов их работы.
iv. Моделирование сложных процессов в плотной ядерной материи, включая модели астрофизики и процессы в экспериментальных установках.
v. Моделирование квантовых систем с применением методов квантовой теории информации и гибридных квантово-классических методов программирования.
vi. В результате исследований, проведенных с использованием разработанных методов и комплексов программ, будет получена новая фундаментальная информация об изучаемых физических системах, важная для дальнейшего развития математических моделей, теоретических и экспериментальных исследований.

В результате исследований, проведенных с использованием разработанных методов и комплексов программ, будет получена новая фундаментальная информация об изучаемых физических системах, важная для дальнейшего развития математических моделей, теоретических и экспериментальных исследований.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Разработка методов и комплексов программ для проведения численных исследований взаимодействий различных типов в сложных системах ядерной, атомной, молекулярной физики и квантовой механики.

Методы математического моделирования нелинейных многофакторных процессов в материалах и конденсированных средах под внешними воздействиями.

Методы решения задач моделирования, проектирования и оптимизации режимов работы экспериментальных установок.

Методы компьютерного моделирования сложных процессов в плотной ядерной материи, включая астрофизические процессы и процессы в экспериментальных установках.

Методы исследования квантовых систем с применением методов квантовой теории информации и гибридных квантово-классических методов программирования.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Разработка конечно-элементных методов решения краевых задач для системы большого числа ОДУ для расчета надбарьерных и подбарьерных реакций слияния тяжелых и супертяжелых ядер; развитие конечно-элементных методов решения многомерных (до 6-мерных) эллиптических краевых задач, ориентированных на анализ коллективных моделей атомного ядра; методов расчёта характеристик ионизации атомов с внутренних оболочек быстрыми электронами в кинематике электронной импульсной с учетом искажения плоских волн электронов.

Проведение численного исследования наблюдаемых физических характеристик ядро-ядерных взаимодействий и взаимодействий частиц с ядрами в широком диапазоне энергий на основе микроскопических моделей оптического потенциала и транспортно-статистических моделей, включая процессы передачи нуклонов и фрагментации ядер при взаимодействиях тяжелых ионов.

Дальнейшее развитие и оптимизация метода автомодельных приближений, исследование на этой основе квантово-механических систем, включая спиновые ансамбли и холодные атомы в ловушках.

Развитие методов тензорных сетей и их применение для описания неравновесной динамики низкоразмерных многочастичных квантовых систем, проведение расчетов на этой основе, включая моделирование динамики системы ядерных спинов C_{13} в решётке алмаза.

Дальнейшее исследование осциллонов в рамках одно- и трехмерной модели j^4 на основе совокупного применения вариационного подхода и аппроксимации осциллонов стоячими волнами в шаре конечного радиуса с целью получения новых знаний о динамике осциллонов в области высоких и низких частот, их устойчивости, бифуркациях, резонансных явлениях и новых ветвях решений.

Дальнейшее развитие потенциальной модели кваркония с нелокальным ядром взаимодействия, вычисление на этой основе спектра масс, констант взаимодействия, нормировок с подходящим выбором форм-факторов и волновых функций тяжелых кваркониев.

Разработка вычислительных методов и программ для расчёта коллективных пионных состояний в плотной ядерной материи на основе функций Мигдаля и Линдхарда. Развитие алгоритмов вычисления спектра пионных возбуждений, пионных щелей и критических параметров возникновения пионного конденсата в широком диапазоне плотностей при нулевой температуре. Анализ точныости вычислительных схем на основе функций Мигдаля и Линдхарда с приближениями, широко используемыми в моделях охлаждения нейтронных звёзд.

Развитие программного комплекса для моделирования охлаждения нейтронных звёзд в рамках различных моделей на основе уравнения состояния плотной ядерной материи, допускающих существование нескольких устойчивых конфигураций компактных звёзд одинаковой массы. Численное моделирование термической эволюции нейтронных звёзд для случаев, когда одной и той же гравитационной массе соответствуют различные внутренние структуры вещества. Анализ влияния фазовых переходов в плотной материи на термическую эволюцию компактных звёзд.

Развитие методов конечно-элементного анализа и их применение для моделирования и предсказания электромагнитных, механических и тепловых свойств нового сверхпроводника MgB_2 с учётом имеющихся экспериментальных данных, с целью оценки его возможного использования в магнитных системах ускорителей.

Исследование и классификация различных источников адаптивности в численном решении интегралов Римана с помощью искусственного интеллекта, развитие методов повышенной точности расчетов интегралов Римана.

Исследование взаимодействия различных типов ионов с низкими и промежуточными энергиями и мишеней из вольфрама на основе континуально-атомистической модели.

Оптимизация программы моделирования движения пучка в циклотронах, включая разработку кода для численного решения соответствующих уравнений движения методом Бориса–Вэй (Boris–Vay), сравнительный анализ точности методов Рунге–Кутты 4го порядка и Бориса–Вэй для характерного для циклотронов времени ускорения заряженных частиц.

Исследование зависимости ширины ступеньки Шапиро от амплитуды внешнего излучения в j_0 переходе на поверхности топологического изолятора. Исследование возможностей управления состоянием намагниченности в СКВИДе на основе j_0 перехода на поверхности топологического изолятора.

Численное исследование влияния апериодического упорядочения, геометрической фрустрации и топологии на локальные сверхпроводящие свойства квазикристаллических решёток, включая условия зарождения, подавления и пространственного перераспределения сверхпроводящего параметра порядка.

Проведение компьютерного моделирования магнитных систем с целью поиска в сотрудничестве с ЛФВЭ и ЛЯП путей их оптимизации в рамках экспериментов, проводимых в ОИЯИ.

Детальный обзор и классификация существующих подходов к декомпозиции конечномерных квантовых систем, построение представления групп Вейля–Гейзенберга и операторов смещения в базисе, адаптированном к структуре тензорного произведения.

Расчет количественных характеристик квантового эффекта Бернштейна.

Формулировка эффективной схемы приготовления начального состояния, троттеризация эволюционного оператора для уравнения Линдблада и реализация соответствующей квантовой схемы на квантовом симуляторе NVIDIA cuQuantum.

Исследование аналитических свойств многократных гипергеометрических рядов, возникающих в результате функциональной редукции фейнмановских интегралов. Вывод систем дифференциальных уравнений для интегралов, зависящих от минимального числа переменных.

Повышение устойчивости работы квантовых вентилей SU(2) по отношению к внешним шумам на основе их факторизации на элементарные компоненты.

Проведение начальных методических исследований по задачам вложения QUBO-графов в топологию квантовых отжигателей (D-Wave Zephyr). Разработка и тестирование программного прототипа алгоритмов вложения с использованием библиотек D-Wave Ocean SDK.

Активность темы:

Наименование активности Лаборатория Ответственные от лаборатории	**Руководители**	**Сроки реализации** **Статус**
1. Подготовка специалистов в области вычислительной физики и информационных технологий	**Кореньков В.В.** **Пряхина Д.И.** **Стрельцова О.И.**	2024-2029 Реализация

ЛИТ Артамонов А.А., Бежанян Т.Ж., Войтишина Е.Н., Воронцов А.С., Дереновская О.Ю., Заикина Т.Н., Зрелов П.В., Зуев М.И., Катулин М.С., Любимова М.А., Мажитова Е., Пелеванюк И.С., Соловьева Т.М., Тарабрин В.А., Ужинский В.В., Филозова И.А.

УНЦ Бадави В.М., Каманин Д.В., Киселева Н.С.

Ассоциированный персонал Богданов А.В., Корхов В.В., Киямов Ж.У., Никольская А.Н., Щеголева Н.Л.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Подготовка и переподготовка специалистов в области вычислительной физики и информационных технологий на базе МИВК ОИЯИ и его учебно-образовательных компонент в целях:
– повышения квалификации сотрудников ОИЯИ для развития научных проектов, в том числе класса "мегасайенс", реализуемых в ОИЯИ или с его участием, а также для создания и поддержки цифровой экосистемы ОИЯИ;

– распространение компетенций в области вычислительной физики и информационных технологий в регионы России и страны-участницы ОИЯИ для увеличения кадрового потенциала ОИЯИ и сотрудничающих с Институтом организаций.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Проведение мероприятий для сотрудников ОИЯИ по изучению современных IT-технологий и возможностей работы на компонентах МИВК и в ЦЭС.

Формирование набора проектов ОИЯИ, в которых могут принять участие студенты.

Формирование списка компетенций и необходимых курсов для реализации проектов.

Разработка учебных курсов и образовательных программ, которые обеспечат подготовку кадров для решения различных задач в проектах.

Создание экосистемы для реализации образовательных программ на базе МИВК ОИЯИ, включающего облачную инфраструктуру и гетерогенную вычислительную платформу HybriLIT.

Создание программно-информационной среды и платформы для организации и проведения мероприятий, лекций, практических занятий, хакатонов и т.д.

Привлечение сотрудников ОИЯИ и Информационных центров ОИЯИ, научных работников организаций из стран-участниц ОИЯИ, преподавателей ведущих образовательных организаций, сотрудничающих с ОИЯИ, для проведения учебных и научных мероприятий.

Формирование программ мероприятий и организация взаимодействия с университетами и Информационными центрами ОИЯИ.

Разработка сетевых программ с участием вузов-партнеров ОИЯИ.

Открытая научно-образовательная платформа на основе композиции инструментов аналитики Больших данных и пакета ROOT, включающей специализированный учебный полигон, базы примеров с данными экспериментов с использованием аппаратных ускорителей вычислений.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Проведение научно-исследовательских семинаров по информационным технологиям, в том числе для пользователей МИВК ОИЯИ.

Разработка учебных курсов и методических материалов по применению современных информационных технологий в решении научно-прикладных задач.

Реализация образовательной магистерской программы «Методы и технологии обработки данных в гетерогенных вычислительных средах» по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика в филиале Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Проведение Универсиады «Ломоносов» для студентов вузов РФ в целях выявления и поддержки талантливой молодежи, привлечения их к поступлению в магистратуру филиала МГУ в г. Дубне.

Разработка сетевой программы по дисциплине «Распределенные вычисления и облачные технологии» и ее реализация совместно с Филиалом МГУ в г. Дубне и Университетом «Дубна».

Проведение Школ по информационным технологиям ОИЯИ.

Подготовка высококвалифицированных специалистов для научных проектов, реализуемых в ОИЯИ, совместно с научными и образовательными организациями РФ и стран-участниц ОИЯИ.

Проведение учебных занятий, практик, научно-исследовательских семинаров по информационным технологиям для студентов РФ и стран-участниц ОИЯИ.

Развитие компонент экосистемы на базе МИВК ОИЯИ, включающего облачную инфраструктуру и гетерогенную вычислительную платформу HybriLIT, для реализации образовательных программ и информационной поддержки активности.

Развитие сервиса HEPWEB с реализацией расчетов в области физики высоких энергий с помощью различных Монте-Карло генераторов для оценки характеристик адрон-адронных, адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий.

Развитие информационно-учебного сайта пакета ROOT с дополнением материалов по работе ROOT в рамках конвейера Больших данных.

Создание прототипа информационно-аналитического портала, объединяющего новостные тематические сервисы, учебные сервисы и сервис с расчетами в области физики высоких энергий с помощью различных Монте-Карло генераторов.

Сотрудничество по теме 1119

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	ИФ
Армения	Ереван, ER	ЕГУ

Страна или МО	Город, регион	Институт
		ННЛА
Беларусь	Гомель, HO	ГГУ
	Минск, MI	ИМ НАНБ
		ИФ НАНБ
		НИИ ЯП БГУ
Болгария	София, SOF	SU
Великобритания	Оксфорд, OXF	Ун-т
Вьетнам	Хошимин, SG	HCMUE
Грузия	Тбилиси, TB	GTU
		RMI TSU
		UG
Египет	Гиза, GZ	CU
Италия	Генуя, GE	INFN Genoa
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
Китай	Пекин, BJ	CIAE
	Хух-Хото, NM	IMNU
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM
Монголия	Улан-Батор, ULN	IMDT MAS
		MUST
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ
	Владикавказ, SE	СОГУ
	Воронеж, VOR	ВГУ
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"
		Филиал МГУ
	Москва, MOW	ВШЭ
		МГУ
		МИСИС
		МИФИ
		МЭИ
		НИИЯФ МГУ
		РУДН
		ФИАН
	Петропавловск-Камчатский, KAM	КамГУ
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Пущино, MOS	ИМПБ РАН
	Самара, SAM	СНИУ
	Санкт-Петербург, SPE	СПбГУ
	Саратов, SAR	СГУ
	Тверь, TVE	ТвГУ
	Томск, TOM	ТПУ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Тула, TUL	ТулГУ
	Челябинск, CHE	ЮУрГУ
Сербия	Белград, BG	UB
		VINCA
Словакия	Кошице, KI	UPJS
США	Арлингтон, TX	UTA
Таджикистан	Худжанд, SU	ХГУ
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
		Физика-Солнце
Франция	Жив-сюр-Иветт, IDF	Irfu
	Мец, GES	LPCT UL
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН
ЮАР	Кейптаун, WC	iThemba LABS
		UCT
Япония	Сендай, SDJ	IMRAM Tohoku

Прикладная инновационная деятельность (07)

07-1-1107-2011

Прикладные исследования на комплексе NICA для задач радиационного материаловедения, наук о жизни и новых методов генерации энергии

Руководители темы: Белов О.В.
Сыресин Е.М.

Участвующие страны и международные организации:
Армения, Беларусь, Болгария, Казахстан, Мексика, Молдова, Россия, Узбекистан, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Получение научных и научно-технических результатов в области прикладных исследований по направлениям работ коллаборации ARIADNA, включая науки о жизни, биомедицинские технологии, космические исследования, радиационное материаловедение, тестирование электроники на радиационную стойкость, разработку новых технологий для задач создания ADS-систем с использованием пучков ускоренных заряженных частиц комплекса NICA.

Проект по теме:

Наименование проекта	**Руководитель проекта**	**Шифр проекта**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	**Статус**
1. **ADSR Подкритический реактор с ускорительным приводом**	**Параипан М.**	07-1-1107-1-2011/2027 Реализация
ЛФВЭ, ЛНФ, ЛЯП	см. участников активностей	

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект нацелен на определение оптимальной комбинации параметров пучка частиц и конвертера для оптимизации эффективности подкритического реактора, управляемого ускорителем. Исследования будут осуществляться в двух направлениях: (1) сравнительное изучение распределения деления и энергии, выделяемой в мишени, облученной пучками протонов с энергией 0,2–2 ГэВ и ионов с массами до ^{20}Ne и энергиями в интервале 0,2–1 АГэВ; (2) измерение выхода нейтронов из различных конвертеров, облученных протонным и ионным пучками.

Возможность реализовать ядерную систему с повышенными возможностями горения заключается в использовании подкритического реактора, управляемого ускорителем (ADSR). Пучок частиц, падающий на конвертер, расположенный в центральной части реактора, реализует дополнительный источник нейтронов, позволяющий работать реактору в подкритическом режиме (с коэффициентом критичности k_{eff} ниже 0,99). Полученный более жесткий спектр нейтронов обеспечивает лучшее сжигание актинидов.

Несмотря на преобладающее мнение о том, что оптимальным для ADSR является пучок протонов с энергией около 1–1,5 ГэВ, в ряде работ нами показано, что пучки ионов обладают большей энергетической эффективностью, чем протоны. Исследования в рамках проекта направлены на изучение условий, при которых достигается максимальная энергетическая эффективность ADSR и обеспечивается высокое выгорание актинидов. В предыдущие годы реализации проекта были исследованы аспекты, связанные с геометрией активной зоны, материалом, используемым для конвертера, составом топлива, рабочим значением k_{eff}, обогащением и распределением удельной мощности. Исследовалось также влияние характеристик пучка (тип частиц, энергия, интенсивность пучка) и типа ускорителя. Полученные основные выводы составляют основу для продолжения исследований для достижения заявленных целей проекта.

Предлагаемая конструкция свинцовой мишени LETASUR с центральным отверстием для конвертеров различных видов позволяет корректно сравнивать выход нейтронов при воздействии протонных и ионных пучков. Данная конструкция позволяет облегчить манипуляции с мишенью. Определенные в ходе реализации проекта параметры мишени позволяют охарактеризовать зависимость потоков нейтронов от размеров бериллиевого конвертера при воздействии ионов низких энергий.

Предлагаемая свинцовая мишень подходит для сравнительного исследования эффективности различных пучков в части возможности их использования в ADS-системах.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Выбор оптимальной конструкции мишени для ADS системы.

Проверка принципиально новой концепции ADS системы, основанной на использовании пучков ионов вместо пучков протонов.

Реализация первого этапа экспериментальной программы проекта, направленной на измерение выхода нейтронов с различными комбинациями конвертеров.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Реализация технического проекта свинцовой мишени (блока с центральным отверстием для преобразователей, вертикальными и горизонтальными отверстиями для размещения детекторов).

Проектирование системы измерения интенсивности пучка (ионизационная камера и два пластиковых сцинтиллятора для абсолютной калибровки ионизационной камеры).

Анализ экспериментальной методики и определение максимальных интенсивностей пучков в зависимости от радиационной защиты экспериментального помещения.

Активности темы:

	Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Научные и научно-методические исследования по тематике работ коллаборации ARIADNA: эксперименты в области космических исследований, наук о жизни и биомедицинских технологий, радиационного материаловедения, радиационной стойкости электроники и современных ядерно-физических технологий**	**Белов О.В.**	2026-2030 Набор данных Обработка данных

ЛФВЭ Артюх В.А., Афанасьева К.П., Джавадова В., Дунин В.Б., Жолдасбеков К., Исаев Р., Клевцова Е.А., Ковалев Ю.С., Крячко И.А., Марьин И.И., Мурин Ю.А., Мусса Х., Новиков М.С., Осипов А.Н., Павлюкевич В.А., Пухаева Н.Е., Садыгов З., Себаллос С., Синельщикова С.Е., Славкова З., Сливин А.А., Смирнов Г.И., Сыресин Е.М., Шаляпин В.Н.

ЛЯП Агапов А.В., Мицын Г.В., Молоканов А.Г., Рзянина А.В., Стегайлов В.И., Швидкий С.В.

ЛЯР Апель П.Ю., Нечаев А.Н.

ЛНФ Булавин М.В., Рогачев А.В.

ЛТФ Осипов В.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В 2026 году начата реализация научной программы ARIADNA на основных установках комплекса NICA, предназначенных для выполнения прикладных исследований. Инфраструктура ARIADNA, включающая каналы транспортировки пучков, зоны для прикладных исследований и участки вспомогательной пользовательской инфраструктуры, позволит выполнить ряд актуальных исследований, ориентированных на использование пучков ускоренных ионов в задачах космических исследований, наук о жизни и биомедицинских технологий, радиационного материаловедения, радиационной стойкости электроники, современных ядерно-физических технологий.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Получение новых данных по взаимодействию пучков тяжелых ионов с различными видами материалов и биологическими объектами в целях создания передовых разработок на основе современных радиационных технологий. Получение результатов о специфических структурных и функциональных модификациях в исследуемых образцах разной природы после воздействия ионов с энергиями от 3,2 МэВ/нуклон до 3,5-4,0 ГэВ/нуклон.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Проведение в 2027 году сеансов работы ускорительного комплекса NICA позволит:
– осуществить моделирование воздействия отдельных компонентов космических видов излучений на пучках комплекса NICA и установках сотрудничающих организаций. Изучить сочетанное воздействие радиации и иных факторов физической и биологической природы в экспериментах на лабораторных животных, тканях и клеточных культурах;

– получить сведения об относительной биологической эффективности тяжелых ядер с энергиями до 4,5 ГэВ/нуклон. Выполнение оценок влияния пучков заряженных частиц высоких энергий на физико-химические характеристики, редокс-свойства и биологическую активность in vitro и in vivo наночастиц редкоземельных металлов в различных модификациях;

– на базе пользовательской инфраструктуры ARIADNA выполнить серию экспериментов по выявлению специфических временных профилей белков и белковых комплексов репарации двунитевых разрывов ядерной (яДНК) и митохондриальной (мтДНК) ДНК, ассоциированных с различными видами рака, и сформулировать подходы к разработке диагностического метода на основе маркеров репарации ДНК;

– выполнить оценку радиационно-защитных свойств материалов в полях излучений, генерируемых комплексом NICA, для последующего использования в качестве защиты от ионизирующего излучения на борту космических аппаратов;

– выполнить отработки методики радиационной модификации различных видов полимерных соединений с использованием пучков ионов высоких энергий. Изучить механизмы радиационного дефектообразования и выделения легколетучих соединений – субоксидов при облучении синтетического сапфира и корунда;

– получить новые сведения о радиационной устойчивости сверхлегких высокопористых материалов на основе аэрогелей и ферритов с различной кристаллической структурой в части воздействия ускоренных ионов в широком диапазоне энергий. Получить модельные оценки по влиянию тяжелоионных компонентов космического излучения на ультравысокотемпературную керамику $HfB_2(ZrB_2)$-SiC;

– получить новые сведения о возможности создания структурных и морфологических наносингулярностей при облучении оксидных модельных катализаторов тяжёлыми ионами с целью настройки активности и селективности катализа;

– выполнить ОКР по разработке аналитических устройств, применяемых для регистрации эффектов воздействия ионизирующих излучений на биологические объекты и материалы.

2. НИОКР по оптимизации методов облучения образцов различных видов и разработке вспомогательного оборудования для облучательных стендов ARIADNA. Развитие участков для развертывания пользовательского оборудования

Белов О.В.

2026-2028

Реализация

ЛФВЭ Акберов Р., Афанасьева К.П., Джавадова В., Дунин В.Б., Матюханов Е.С., Новиков М.С., Павлюкевич В.А., Синельщикова С.Е., Шемчук А.В.

ЛЯП Агапов А.В., Мицын Г.В., Молоканов А.Г.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Необходимым условием проведения исследований с использованием современных радиационных технологий является постоянное совершенствование методических подходов к проведению сеансов облучения и развитие соответствующих систем окружения образца. В частности, большую важность представляет развитие облучательных стендов и разработка необходимой оснастки в соответствии с задачами предлагаемых экспериментов. Выполнение исследований в рамках созданной коллаборации ARIADNA, подразумевающей многопользовательский режим работы, требует создания участков для развертывания собственного оборудования пользователей в целях осуществления процесса подготовки проб и проведения аналитических исследований в короткие сроки после облучения.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание и развитие участков пробоподготовки и аналитических исследований в рамках научной программы работ ARIADNA.

Изготовление и запуск в эксплуатацию стендов и испытательных камер для изучения сочетанного воздействия ускоренных ионов и иных физических факторов на образцы материалов и биологические объекты.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Отработать режимы облучения для образцов различных видов на станциях для прикладных исследований ARIADNA.

Выполнить второй этап работ по созданию стендов и испытательных камер для изучения сочетанного действия ускоренных ионов и иных физических факторов на образцы материалов и биологические объекты.

Изучить влияние ионизирующих излучений на основные параметры резистивно-эмиссионного слоя МКП в экспериментах на тяжелых ионах.

Отработать методику оценки интегральных показателей интенсивности и профиля пучка для различных видов образцов, исследуемых в экспериментах ARIADNA.

Разработать и провести испытания детекторной системы для прикладных исследований на стенде длительного облучения ARIADNA.

Провести испытания детекторов на основе люминесцентных экранов для прикладных исследований.

3. Модернизация спектроаналитического комплекса для активационных измерений — **Шаляпин В.Н.** — 2026-2028

Реализация

ЛФВЭ Дрноян Д.Р., Клевцова Е.А., Крячко И.А., Стрекаловская Е.В., Чан Нгок Тоан

ЛЯП Стегайлов В.И.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Активация облучаемых материалов и конструктивных элементов ускорителей тяжелых ионов является важным аспектом проведения экспериментов по облучению мишеней различных видов. Спектроаналитический комплекс ОНМИИ позволяет выполнять широкий круг измерений гамма-спектров, в том числе в потоковом режиме. Анализ гамма-спектров с использованием спектроаналитического комплекса ОНМИИ будет применяться в качестве рутинной методики при проведении большинства экспериментов по прикладным исследованиям ARIADNA, подразумевающим облучение образцов пучками ускоренных ионов.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Обновление парка детекторов спектроаналитического комплекса, соответствующего программного обеспечения и необходимой оснастки для проведения измерений с использованием образцов разных типов.

Продолжение работ по совершенствованию базы данных гамма-спектров, полученных в экспериментах ARIADNA.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Обновление программного обеспечения детекторов; обновление источников питания и ЦСУ детекторов.

Проведение рутинных изменений гамма-спектров по прикладным исследованиям на комплексе NICA в сеансах 2027 года.

4. Развитие программного обеспечения и проведение дозиметрических расчетов для экспериментов ARIADNA. Моделирование радиационных условий на комплексе NICA — **Параипан М.** — 2026-2030

R&D

ЛФВЭ Белов О.В., Джавадова В., Сливин А.А., Чан Нгок Т.

ЛИТ Бежанян Т.Ж., Зуев М.И., Подгайный Д.В., Стрельцова О.И.

ЛРБ Чижов А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Развитие программного обеспечения и проведение дозиметрических расчетов является неотъемлемой частью подготовки экспериментов по научной программе ARIADNA на комплексе NICA, а также важным элементом анализа дозовых нагрузок в сеансах по облучению мишеней различных видов. Применение современных программных кодов для взаимодействия ускоренных ионов с веществом позволяет проводить планирование сеансов облучения с использованием различных материалов в целях выбора оптимальных параметров облучения и последующей реконструкции событий энерговыделения в материале мишени.

Получаемые в ходе дозиметрических расчетов данные являются важными входными параметрами для дальнейших исследований в части структурных и функциональных изменений в облучаемых образцах. Важным практическим

аспектом данной активности является моделирование радиационных условий в различных частях комплекса NICA с использованием разработанных модельных подходов и программных кодов.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Получение дозиметрических данных по облучению образцов различных видов пучками ускоренных ионов в широком диапазоне энергий, включая композитные материалы, а также иные объекты со сложной структурой и элементным составом.

Получение оценок радиационных полей для различных участков комплекса NICA.

Расчет необходимых элементов биологической защиты.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Получение оценок дозовых нагрузок для образцов композитных материалов, биологических объектов и элементов электроники при облучении пучками тяжелых ионов с энергиями в диапазоне от 3,2 МэВ/нуклон до 4 ГэВ/нуклон.

Моделирование взаимодействия пучков ускоренных ионов с материалами в запланированных на 2026 год сеансах на комплексе NICA.

Разработка алгоритмов на базе методов глубокого обучения и компьютерного зрения, создание веб-приложений для анализа данных, получаемых в экспериментах коллаборации ARIADNA по изучению влияния ионизирующих излучения и других факторов на биологические объекты.

Расчет радиационных полей в зонах установок для прикладных исследований с учетом размещения дополнительного пользовательского оборудования.

5. Исследование механизмов радиационной модификации сверхпроводящих свойств ВТСП-лент 2-го поколения — **Новиков М.С.** — 2026-2030

R&D

ЛФВЭ Матюханов Е.С., Филиппов Ю.П., Шемчук А.В.

ЛНФ Черников А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Целью исследований является разработка методов повышения критического тока ВТСП-лент второго поколения с применением технологий радиационной модификации. В последние годы в ЛФВЭ получены результаты, свидетельствующие о повышении критического тока ВТСП-лент второго поколения после облучения ускоренными ионами и протонами. Обнаруженные эффекты требуют дальнейшего изучения с позиции создания прототипов оборудования на основе радиационно-модифицированных ВТСП-лент и тестирования их применения в различных научно-практических задач, включая ускорительную технику.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Получение сведений о закономерностях изменения критического тока ВТСП-лент второго поколения путем радиационной модификации и механической деформации.

Получение результатов о стабильности эффекта радиационно-индуцированного повышения критического тока ВТСП-лент во времени при воздействии различных физических факторов. ВТСП-лент второго поколения.

Определение возможностей практического применения радиационно-модифицированных ВТСП-лент второго поколения.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Исследование радиационно-стимулированного изменения критического тока ВТСП композитов в особых условиях радиационных воздействий (наличие фонового магнитного поля и низкой температуры).

Изучение свойств облученных ВТСП-лент второго поколения при последующей работе в полях ионизирующих излучений.

Продолжение набора данных о структурных модификациях ВТСП-лент после радиационного воздействия и механической обработки.

Расчет дефектообразования в ВТСП-лентах под воздействием заряженных частиц; оптимизация радиационных дефектов как центров пиннинга магнитного потока; расчет радиационного и теплового режима для станции перемотки ВТСП лент через пучок заряженных частиц для создания центров пиннинга.

6. Организация и сопровождение пользовательской программы ARIADNA. Развитие коллаборации ARIADNA

Белов О.В.

2026-2030

Реализация

ЛФВЭ Новиков М.С., Параипан М., Стачук Н.В., Цаплина Ю.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Прикладные исследования на комплексе NICA проводятся в формате научной коллаборации ARIADNA, в состав которой входят более 30 организаций стран-участниц ОИЯИ. Многопользовательский режим работы на установках для прикладных исследований комплекса NICA подразумевает наличие скоординированной пользовательской программы, объединяющей усилия организаций-членов коллаборации ARIADNA в части получения передовых научных и научно-практических результатов. Основной задачей в данном направлении является координация пользовательской программы, а также создание условий для слаженной работы групп пользователей в ходе сеансов на комплексе NICA.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание пользовательской программы по прикладным исследованиям на комплексе NICA, обеспечивающей скоординированную работу научных групп из различных организаций.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Развитие веб-портала ARIADNA, включающего систему электронной подачи заявок на проведение экспериментов с использованием инфраструктуры для прикладных исследований комплекса NICA.

Отработка многопользовательского режима работы на элементах инфраструктуры ARIADNA.

Сопровождение программ поддержки работы научных коллабораций на комплексе NICA.

Разработка научных программ организаций, вступающих в состав коллаборации ARIADNA.

Обеспечение представленности коллаборации ARIADNA на научных и научно-организационных мероприятиях, связанных с прикладными исследованиями и инновациями.

7. Исследование элементного состава костной ткани при дегенеративно-дистрофических заболеваниях in vivo с применением метода меченых нейтронов

Сапожников М.Г.

2027-2029

R&D

ЛФВЭ Алексахин В.Ю., Зубарев Е.В., Рогов Ю.Н., Тарасов О.Г.

ЛНФ Разинков Е.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Современные методы исследования костной ткани, такие как остеоденситометрия, рентгеновская КТ, МРТ, ультразвуковая остеоденситометрия, исследование биомаркеров костного обмена основываются на косвенных данных об изменении структуры костной ткани, ее архитектоники и плотности в случаях метаболических или эндокринных нарушений. Эти способы исследования позволяют определить плотность костной ткани, косвенные признаки стадий остеопороза, однако точные значения элементного состава кости остаются неизвестными. Наличие способа определения *in vivo* концентраций элементов в составе кости, а также динамики их изменений в кости с помощью метода меченых нейтронов (ММН) может способствовать ранней диагностики различных форм остеопороза, дифференциальной диагностике асептического некроза и артроза суставных концов костей суставов.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Разработка методики количественной оценки макроэлементного состава костной ткани in vivo при различных заболеваниях опорно-двигательного аппарата человека. Создание установки ММН для определения элементного состава костной ткани методом меченых нейтронов.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
- Создание фантомов с макроэлементным составом, соответствующим норме состава костной ткани для калибровки анализатора ММН;
- Создание экспериментального стенда анализатора ММН для измерения элементного состава биологических материалов;

- Определение элементного состава в образцах костной ткани больных асептическим некрозом и артрозом;

- Сравнительная оценка результатов лучевых методов исследования нарушений структуры и плотности костной ткани с данными о её макроэлементном составе.

Сотрудничество по теме 1107

Страна или МО	Город, регион	Институт
Армения	Ереван, ER	ЕГУ
		КЕНДЛ
		ННЛА
Беларусь	Минск, MI	АркоЛаб
		БГУ
		НИИ ЯП БГУ
		ОИЭЯИ-Сосны
Болгария	Пловдив, PLD	MUP
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
Мексика	Мехико, CDMX	INCan
Молдова	Кишинев, CU	МолдГУ
Россия	Владикавказ, SE	СОГУ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Дубна, MOS	Диамант
		ИПИ "Омега"
		ИФТП РОСАТОМ
		Филиал МГУ
	Москва, MOW	ИМБП РАН
		ИОНХ РАН
		ИТЭФ
		Квант-Р
		МИФИ
		НИИЯФ МГУ
		НМИЦ ТО
		ОИВТ РАН
		РУДН
		ФИЦ ХФ РАН
		ФМБЦ ФМБА
	Обнинск, KLU	МРНЦ НМИЦР
	Пущино, MOS	ИТЭБ РАН
	Санкт-Петербург, SPE	СПбГУ
	Томск, TOM	ТПУ
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
ЮАР	Кейптаун, WC	iThemba LABS
	Стелленбос, WC	SU

07-5-1131-2017

Радиационное материаловедение, нанотехнологические и биомедицинские исследования с пучками тяжелых ионов

Руководители темы: Апель П.Ю.
Скуратов В.А.

Участвующие страны и международные организации:
Австралия, Армения, Беларусь, Вьетнам, Казахстан, Россия, Сербия, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Экспериментальные и теоретические исследования радиационной стойкости твердых тел к воздействию тяжелых ионов, тестирование материалов, направленное изменение свойств и создание новых функциональных структур.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов	Скуратов В.А. *Заместитель:* Рымжанов Р.А.	07-5-1131-1-2024/2028
2.	Нанокомпозитные и функциональные трековые мембраны	Апель П.Ю. *Заместитель:* Нечаев А.Н.	07-5-1131-2-2024/2028
3.	Высокочувствительные сенсоры, работающие на принципах молекулярного узнавания для детектирования вирусов	Нечаев А.Н. Завьялова Е.Г.	07-5-1131-3-2025/2029

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1. Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов	**Скуратов В.А.** *Заместитель:* **Рымжанов Р.А.**	2024-2028 Реализация

ЛЯР Алтынов В.А., Апель П.Ю., Дукач И.В., Кирилкин Н.С., Комарова Д.А., Корнеева Е.А., Кузьмин В.А., Кузьмина Н.Г., Курылев Н.В., Ле Тхи Фыонг Тхао, Лизунов Н.Е., Маматова М., Маркин А.Ю., Мутали А., Нгуен Ван Тьеп, Орелович О.Л., Пиядина Е.А., Семина В.К., Сохацкий А.С., Шмаровоз В.Г.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Целью проекта является накопление базы данных для лучшего понимания фундаментальных закономерностей высокоинтенсивной ионизации в модельных и конструкционных материалах. Знание фундаментальных механизмов имеет первостепенную важность для ядерной энергетики, нанотехнологических приложений и для испытаний мишенных материалов для ядерно-физических экспериментов. В качестве инновационного подхода, предлагается исследование эффектов высокой плотности ионизации на ранее созданную дефектную структуру, которая была образована воздействием «обычной» радиации (сотни кэВ и единицы МэВ, ионное облучение), что представляет собой наиболее надежный путь симуляции повреждение, создаваемых продуктами деления. Основным подходом в достижении целей проекта будет использование современных методик структурного анализа – высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии в сочетании с моделированием методами молекулярной динамики процессов формирования треков. Структурные изменения будут также исследоваться при помощи растровой электронной микроскопии, рентгеновской дифракции, конфокальной рамановской и люминесцентной микроскопии, оптической спектроскопии в реальном времени при ионном облучении. Радиационная стойкость перспективных

реакторных материалов и мишенных материалов для ядерно-физических экспериментов будет исследоваться микро- и наномеханическими методами испытаний.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Углубленное понимание фундаментальных физических закономерностей при ионизации высокой плотности в твердых телах, основанное на исследованных зависимостях кинетики структурных изменений в треках быстрых тяжелых ионов в приповерхностных областях наноструктурированных диэлектриков – наночастиц, межфазных слоев, слоистых структурах.

Результаты моделирования методами молекулярной динамики процессов релаксации решетки и формирования областей с измененной структурой в приповерхностных и межфазных областях композиционных материалов, подвергнутых воздействию энергетичных ионов – нанокластеров в матрицах, слоистых материалах.

Данные о совместном влиянии высокой плотности ионизации и гелия на транспортные свойства продуктов деления в защитных слоях и инертных матрицах.

Накопление базы данных о параметрах ионных треков в обычных и наноструктурированных керамиках, перспективных для ядерно-физических приложений.

Данные о долговременной стабильности мишенных материалов во время длительных облучений интенсивными пучками тяжелых ионов.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследование оптических свойств монокристаллов Al2O3 и MgAl2O4, облученных быстрыми тяжелыми ионами, методами ионо- и фотолюминесценции с пространственным и временным разрешением.

Анализ микроструктуры и микромеханические испытания высокоэнтропийных дисперсно-упрочненных сплавов Fe–Cr–Ni–Co и высокоэнтропийных керамиках на основе пирохлора, облученных тяжелыми ионами с энергиями осколков деления.

Моделирование фазовых превращений в наноразмерной области при облучении MgAl2O4 и ZrO2 быстрыми тяжелыми ионами. Моделирование модификации интерфейсов в слоистых структурах облучением высокоэнергетическими ионами.

2. Нанокомпозитные и функциональные трековые мембраны	**Апель П.Ю.** *Заместитель:* **Нечаев А.Н.**	2024-2028 Реализация

ЛЯР Аксенов Н.В., Алтынов В.А., Андреев Е.В., Блонская И.В., Виноградов И.И., Волнухина Г.Н., Густова М.В., Дрожжин Н.А., Дукач И.В., Кравец Л.И., Криставчук О.В., Кувайцева М.А., Кузьмина Н.Г., Лизунов Н.Е., Люндуп А.В., Маркин А.А., Митрофанов С.В., Митюхин С.А., Молоканова Л.Г., Мурашко Д.А., Мятлева И.Ф., Нестерова Е.Б., Никольская Д.В., Орелович О.Л., Пинаева У.В., Полежаева О.А., Рагимова Р.К., Серпионов Г.В., Фадейкина И.Н., Филатова Е.Л., Шамшиддинова И.Н., Ширкова В.В., Щеголев Д.В.

ЛЯП Зарубин М.П., Кравченко Е.В.

ЛНФ Горшкова Ю.Е., Зиньковская И., Иваньшина О.Ю.

ЛРБ Кошлань И.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Цель проекта состоит в разработке нанокомпозитных и функциональных трековых мембран (ТМ) для нанотехнологических, биомедицинских, сенсорных приложений, а также для новых мембранных сепарационных процессов. ТМ представляют собой пример промышленного приложения ионно-трековой технологии. Трековые мембраны имеют ряд существенных преимуществ перед обычными мембранами в силу их прецизионно заданной структуры. Размер пор в них, форма пор и плотность могут варьироваться контролируемым способом так, чтобы получить мембрану с заданными транспортными и задерживающими характеристиками. Современные тенденции в биологии, медицине, исследовании окружающей среды, получении «зеленой» энергии и других областях формулируют требования к мембранам с новыми специфическими функциями. Эти функции могут быть обеспечены заданием (регулировкой) геометрических, морфологических и химических свойств ТМ. Настоящий проект будет

фокусирован на разработку различных функциональных трековых мембран, с использованием следующих подходов:

– задание нужной архитектуры пор;

– композитные структуры;
– гибридные структуры;

– направленная химическая и физическая модификация;

– выбор основного материала мембраны.

Особое внимание будет уделено биомедицинским применениям трековых мембран.

Основным результатом проекта будет создание научно-технических основ для разработки новых мембран, обладающих специфическими функциями. Будет исследована применимость разработанных мембран в практически важных мембранных сепарационных процессах, биомедицинских процедурах и аналитических задачах.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Функционализированные ТМ, полученные из облученных ионами полимерных пленок с использованием мягкого фотолиза и жидкостной экстракции продуктов деструкции из треков для электродиализа и электробаромембранного процесса:

– определение ионоселективных свойств мембран;

– исследование возможности разделения моно- и многовалентных ионов на нанопористых ТМ с использованием электродиализа и электро-баромембранного процесса.

Экспериментальная верификация возможности изготовления нанокомпозитных, функционализированных и гибридных ТМ:
– ТМ с асимметричными и модифицированными нанопорами для разделения рацемических смесей;

– микрофильтрационные ТМ с иммобилизованными белками для обнаружения «свободных» РНК и ДНК и их применения в биосенсорах;

– функционализированные нанопористые мембраны из поливинилиденфторида (ПВДФ) для селективного преконцентрирования токсичных металлов и их количественного определения;

– ТМ, функционализированные наночастицами серебра и биоактивными веществами, для создания бактерицидных и вирулицидных фильтрационных материалов;

– модифицированные ТМ с улучшенной клеточной адгезией для систем культивирования клеток;

– аффинные ультра- и микрофильтрационные ТМ для разделения экзосом;

– нанокомпозитные ТМ с иммобилизованными наноконьюгатами серебра и золота и аптамеров для диагностики вирусных заболеваний с помощью SERS и флуоресцентной спектроскопии;

– гибридные ТМ с поверхностными полимерными нановолоконными структурами и модифицированными селективными комплексными соединениями, лигандами и металлоорганическими каркасами для селективного удаления токсичных металлов из воды.

Данные об ионоселективных, электрокинетических и осмотических свойствах модифицированных нанопор, включая асимметричные, в зависимости от их геометрии и функциональных групп на поверхности.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Оценка эффективности электродиализного разделения симметричных и асимметричных (по концентрации катиона) бинарных растворов, содержащих литий и другие одно- и двухзарядные катионы, на «трекоэкстракционных» мембранах из ПЭТФ и ПИ.

Оптимизация структурных и поверхностных свойств анизотропных пористых ТМ для устройств медицинской диагностики

Электрохимические сенсоры на основе трековых мембран из ПЭТФ и ПВДФ для определения ионов уранила в воде.

Разработка пьезокатализаторов на основе композитных трековых мембран для решения экологических нужд фармацевтической отрасли.

Сравнение эффективности и воспроизводимости сигнала гигантского комбинационного рассеяния света от наночастиц серебра и золота на трековых мембранах с шиповидной и планарной структурами в качестве элемента аптасенсоров для быстрого и селективного анализа экзосом и вирусов.

Исследование оптических свойств металлорганических координационных полимеров на основе переходных металлов (CoII, NiII, CuII, ZnII), L-триптофана и 1,2-бис(4-пиридил)этилена, консолидированных на поверхности трековых мембран.

Оптимизация параметров процессов формирования наноразмерных покрытий на поверхности полиэтилентерефталатных трековых мембран путем полимеризации в плазме паров димера гексафторпропилена. Исследование поверхностных и электротранспортных свойств мембран типа Янус с асимметричной смачиваемостью.

Получение нанолипосом методом экструзии на трековых мембранах, и оценка влияния физико-химических свойств мембран на процесс их формирования методом малоуглового рассеяния.

Исследование эффекта радиосенсибилизации экзосом клеток и наночастиц золота, получаемых методом экструзии на трековых мембранах, на эмбриональные онкоклетки.

3. Высокоселективные сенсоры, работающие на принципах молекулярного узнавания для детектирования вирусов — **Нечаев А.Н.** **Завьялова Е.Г.** — 2025-2029

Реализация

ЛЯР Алтынов В.А., Андреев Е.В., Апель П.Ю., Блонская И.В., Виноградов И.И., Дрожжин Н.А., Кувайцева М.А., Люндуп А.В., Маркин А.А., Митрофанов С.В., Митюхин С.А., Молоканова Л.Г., Мурашко Д.А., Орелович О.Л., Пинаева У.В., Полежаева О.А., Серпионов Г.В., Фадейкина И.Н., Филатова Е.Л., Щеголев Д.В.

ЛЯП Зарубин М.П., Кравченко Е.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Цель проекта – разработка принципиально новой технологии диагностики, отличающуюся быстротой проведения анализа, высокой чувствительностью и специфичностью, возможностью адаптации системы для обнаружения разных типов вируссодержащих аналитов. Обнаружение вирусов будет проводиться с применением специализированной медицинской аппаратуры нового поколения – рамановских люминесцентных диагностических комплексов. В основе метода лежит использование нанокомпозитных трековых мембран, обеспечивающих гигантское комбинационное рассеяние света (ГКРС). Трековые мембраны с эффектом ГКРС обеспечат избирательность задержания вирусов в исследуемых пробах и высокую чувствительность их обнаружения. Использование биоаффинных взаимодействий с применением функциональных аналогов антител- аптамеров, меченных репортерами ГКРС, будет дополнительным фактором специфичности выявления маркеров. В результате выполнения проекта будет разработана и экспериментально обоснована новая биосенсорная технология диагностики инфекционных заболеваний животных, в частности вируса африканской чумы свиней (АЧС). Экспериментальное обоснование гипотез и выбор оптимальных технических решений планируется провести на основе секвенирования ДНК вируса АЧС и разработки синтетического иммуноферментного реагента – аптамера, способного иммобилизоваться на поверхности серебряных и золотых наночастиц. На заключительных этапах работы будет создана экспериментальная тест-система для быстрого выявления антигенов одного из вируса АЧС в клиническом материале. Выполнение проекта должно обеспечить достижение результатов мирового уровня благодаря синергетическому взаимодействию специалистов в области прикладной ядерной физики, радиационной обработки материалов, коллоидной химии, современных биомедицинских технологий и микроэлектроники.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Результатом Проекта является теоретические и экспериментальные исследования для разработки и получения новых функционализированных ТМ и высокочувствительные биосенсоры на их основе для мониторинга эпидемиологически опасных вирусов различной этиологии. Основные результаты проекта формулируются следующим образом.

Экспериментальные результаты, относящиеся к анализу свойств и возможности изготовления компонентов для будущих вирусных сенсоров:

– ТМ, функционализированные плазмонными наночастицами серебра и золота и их сплавами;

– синтез и характеристика аптамеров с наибольшим сродством к вирусу АЧС и наночастицам золота и серебра;

– нанокомпозитные ТМ с ГКРС-активными ансамблями наночастиц, с иммобилизованными аптамерами для быстрого и чувствительного обнаружения вирусов на примере вируса АЧС;

– доказательство эффективности разработанных алгоритмов для мониторинга вирусов на примере вируса африканской чумы свиней (АЧС).

Разработка и сборка сенсоров на принципе ГКРС для определения вирусов на основе ТМ:

– разработка протокола анализа вируса АЧС с использованием сенсоров;

– разработка диагностических наборов для экспресс-анализа АЧС;

– разработка и конструирование тест-полосок на основе ТМ для специфического определения АЧС;

– оценка возможности использования сенсоров и тест-полосок с иммобилизованными аптамерами для мониторинга и диагностики наиболее значимых социальных заболеваний (грипп, коронавирус, гепатит, онкология).

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Проведение транскриптомного анализа на модельных культурах клеток с целью выявления биологических процессов, вовлеченных в ответ на обработку клеток аптамерами к вирусу АЧС и EGFR в сравнении с интактным контролем.

Анализ дифференциально экспрессирующихся генов с последующей функциональной аннотацией и установление молекулярных механизмов, лежащих в основе опосредованного аптамером ингибирования вирусного проникновения и/или репликации.

Разработка биосенсора на основе электрохимического импеданса для обнаружения вируса АЧС с использованием трековых мембран с низкой плотностью пор и высокоспецифичных аптамеров к АЧС, иммобилизованных на их поверхности.

Определение специфичности и предела обнаружения, работающего на принципах спектроскопии ГКР биосенсора на основе шероховатых мембран, покрытых тонкими пленками серебра и золота и функционализированных аптамерами к вирусу АЧС.

Оценка противовирусных свойств комбинаций аптамеров против вируса АЧС и аптамеров против трансмембранного белка EGFR.

Сотрудничество по теме 1131

Страна или МО	Город, регион	Институт
Австралия	Канберра, ACT	ANU
Армения	Ереван, ER	ЕГУ
		ИМБ НАН РА
Беларусь	Минск, MI	БГУ
Вьетнам	Ханой, HN	IMS VAST
Казахстан	Астана, AST	АФ ИЯФ
		ЕНУ
		НУ
Россия	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Иваново, IVA	ИГХТУ
	Краснодар, KDA	КубГУ
	Москва, MOW	ИОНХ РАН
		ИСПМ РАН
		ИТЭФ
		МГУ
		МПГУ
		НИИВС
		РУДН
		ФМБЦ ФМБА
	Новосибирск, NVS	ИФП СО РАН
	Черноголовка, MOS	ИФТТ РАН
Сербия	Белград, BG	VINCA

Страна или МО	Город, регион	Институт
ЮАР	Белвилл, WC	CPUT
		UWC
	Гцгебеха, EC	NMU
	Дурбан, NL	UKZN
	Кейптаун, WC	iThemba LABS
	Мтата, EC	WSU
	Претория, GT	TUT
		UNISA
		UP
	Стелленбос, WC	SU
	Фандербейлпарк, GT	VUT

07-1-A001-2025/2027

Создание линейки высоковольтных источников питания и коммутаторов напряжения для экспериментальных установок

Руководитель активности: Понкин Д.О.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Разработка и создание группы высоковольтных источников питания и коммутаторов напряжения для экспериментальных установок. Площадками экспериментального тестирования станут основные установки ЛФВЭ: инжектор NICA, BM@N, MPD.

Активность:

Наименование активности	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Создание линейки высоковольтных источников питания и коммутаторов напряжения для экспериментальных установок	**Понкин Д.О.**	2025-2027 Разработка Создание Испытание

ЛФВЭ Бутенко Е.А., Дзугаев М.Г., Малышев Н.А., Матюханов Е.С.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Планируется создание группы управляемых модулей — высоковольтных источников питания и коммутаторов напряжения для широкого спектра технических задач. Работа проводится с учетом накопленного опыта разработки высоковольтных источников питания для источников ионов КРИОН на инжекторе NICA. Будет создана линейка прецизионных высоковольтных источников питания постоянного тока амплитудой 1/3/6/15 кВ положительной и отрицательной полярности с выходными токами от нескольких единиц до десятков мА. Предполагается создание высоковольтных модулей в разных конструктивных исполнениях с целью расширения спектра областей использования: мини-модуль для внутренней установки в блоки, крейтовое исполнение для стойки-шкафа 19' (промышленный вариант), настольный прибор для стендовой работы.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Созданная линейка высоковольтных модулей и проведенный этап первичных испытаний аппаратуры в условиях эксперимента на работающих установках ОИЯИ и других партнеров. Подтверждение технических характеристик созданных устройств в стендовых и экспериментальных испытаниях. Разработанная техническая документация для всей линейки устройств. Утвержденная основная программа испытаний, протокол испытаний на установках партнеров.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Комплексное тестирование созданной группы высоковольтных модулей:

– управляемый мини-модуль;

– настольный источник питания с дисплеем;

– блок промышленного исполнения в стойку 19’;

– высоковольтный коммутатор напряжения.

Составление протоколов испытаний на основе проведенных испытаний. Обеспечение технических характеристик создаваемых устройств согласно техническому заданию.

Составление патентной заявки на разработанные решения.

Создание комплекта программного обеспечения управления высоковольтными источниками.

07-2-A002-2025/2028

Разработка систем измерения оксигенации глубоких тканей методом диффузионной оптики во временном домене (TD-DO)

Руководитель активности: Селюнин А.С.

Участвующие страны и международные организации:
Россия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Современные оптические методы, такие как диффузионная оптика во временном домене (TD-DO), позволяют зондировать биологические ткани в ближнем инфракрасном диапазоне на глубинах 3-5 см, однако их доступность сдерживается высокой стоимостью.

Цель исследования — разработка доступной, компактной одноканальной системы TD-DO для мониторинга оксигенации биологических тканей, мозга.

В рамках проекта планируется создание источника ультракоротких световых импульсов на базе оригинального генератора. Разработка высокоточной системы измерения времени на базе доступного высокоскоростного время-цифрового преобразователя. Разработка модуля управления, сбора, анализа и представления данных. Проведение методических работ по исследованию кремниевых фотоумножителей для эффективной регистрации одиночных фотонов в пикосекундном диапазоне времен. Разработка алгоритмов управления и реконструкции. Проведение доклинических и in-vivo испытаний для верификации предложенного решения.

Активность:

Наименование активности	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Разработка систем измерения оксигенации глубоких тканей методом диффузионной оптики во временном домене (TD-DO)	**Селюнин А.С.**	2025-2028 Реализация

ЛЯП Анфимов Н.В., Карабаш Х., Рыбников А.В., Соколов С.А., Федосеев Д.В., Шаров В.И.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Создание экономически эффективной системы для неинвазивной диагностики с использованием пикосекундных импульсов ближнего красного и инфракрасного света. Такая система позволяет выделять фотоны, проникающие в биологические ткани на глубину 3-5 см, открывая новые возможности для мониторинга оксигенации глубоких тканей, мозга, диагностики инсультов. Настоящая методика может найти применение в других отраслях: экологические исследования, контроль продуктов питания и др.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание портативной одноканальной системы для мониторинга оксигенации биологических тканей. Проведены доклинические и in-vivo испытания. Изучена возможность подготовки к серийному производству. Переход к разработке многоканальной fNIRS-системы.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Планируется продолжить разработку и совершенствование экспериментального демонстратора системы TD-DO. Основными направлениями работы станут экспериментальные исследования на однородных и неоднородных оптических фантомах, количественное сравнение экспериментальных данных с результатами моделирования методом Монте-Карло, а также разработка и апробация алгоритмов реконструкции оптических параметров исследуемых объектов. Полученные результаты будут использованы для оценки характеристик разработанной системы и определения направлений её дальнейшего совершенствования, включая переход к многоканальной конфигурации.

Сотрудничество по активности A002

Страна или МО	Город, регион	Институт
Россия	Москва, MOW	МГУ
	Саратов, SAR	СГУ

07-2-A003-2025/2028

Разработка микро-ОФЭКТ систем для прецизионной визуализации в условиях модельных биологических экспериментов

Руководитель активности: Рожков В.А.

Участвующие страны и международные организации:
Куба, Россия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) является одним из ключевых методов молекулярной визуализации в медицине, широко применяемым в онкологии, кардиологии и нейродегенеративных заболеваниях. Однако существующие системы ОФЭКТ имеют ряд существенных ограничений, среди которых низкое пространственное разрешение (5–10 мм), что затрудняет визуализацию мелких анатомических структур и молекулярных процессов, значительный уровень фоновых шумов и артефактов, возникающих при использовании традиционных коллиматоров, ограниченная чувствительность детекторов, приводящая к увеличению времени сканирования и, как следствие, повышению дозы радиационного облучения, а также недостаточная гибкость оборудования, ограничивающая возможность адаптации системы к различным типам радиофармпрепаратов и специфике проводимых исследований.

Активность:

Наименование активности Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководитель	Сроки реализации Статус
1. Разработка микро-ОФЭКТ систем для прецизионной визуализации в условиях модельных биологических экспериментов	**Рожков В.А.**	2025-2028 Реализация

ЛЯП Сотенский Р.В., Хассан А.

ЛРБ Эрнандез Г.И.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен на разработку системы микро-ОФЭКТ (однофотонной эмиссионной компьютерной томографии) для высокоточной визуализации распределения радиофармпрепаратов в биологических объектах в условиях, приближенных к доклиническим исследованиям. Основной целью является создание чувствительной и компактной системы, основанной на детекторах Timepix с использованием коллиматоров типа кодирующая апертура. Одним из ключевых особенностей разрабатываемой системы является её стоимость – на порядок дешевле имеющихся коммерческих аналогов. Применение этой технологии позволяет достичь субмиллиметрового пространственного разрешения, повысить эффективность регистрации гамма-квантов и существенно снизить уровень артефактов по сравнению с традиционными коллиматорными схемами.

Разрабатываемая система будет адаптирована к работе с широким спектром радиофармпрепаратов, применяемых в ядерной медицине, радиационной биологии и смежных областях. Предусматривается создание рабочего устройства, его тестирование в лабораторной среде и проведение серии экспериментов, имитирующих реальные условия применения. В рамках проекта будут также разработаны и оптимизированы алгоритмы реконструкции изображений, направленные на повышение контрастности и точности визуализации мишеней малого размера.

Ожидается, что полученные результаты найдут применение в прикладных биомедицинских исследованиях, разработке радиофармпрепаратов, тестировании новых методов диагностики и терапии, а также в задачах фундаментальной радиационной биофизики.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Конечным результатом проекта станет полностью функционирующая система микро-ОФЭКТ, включающая детекторный модуль на базе Timepix, систему кодирующей апертуры, механическую обвязку с точным позиционированием образца и детектора, защиту персонала от ионизирующего излучения, а также программное обеспечение для сбора и реконструкции данных.

Главной целью разработки является создание компактного и высокоточного прибора для лабораторных исследований на мелких грызунах, который обеспечит прорыв в визуализации распределения радиофармпрепаратов и позволит проводить исследования на совершенно новом уровне.

В отличие от традиционных систем ОФЭКТ, использование кодирующей апертуры позволит добиться пространственного разрешения менее 1 мм, что особенно важно для исследования мелких животных и сложных биологических структур.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Собрана микро-ОФЭКТ система (механическая часть), проверена работоспособность механики.

Сотрудничество по активности A003

Страна или МО	Город, регион	Институт
Куба	Гавана, HAV	CEADEN
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ
	Москва, MOW	МИФИ

07-4-A004-2025/2028

Тестирование нейротоксичности и оценка накопления контрастирующих агентов, наночастиц и иных соединений на животных моделях в формате TaaS

Руководитель активности: Зиньковская И.

Участвующие страны и международные организации:
Беларусь, Россия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Ключевым этапом разработки лекарственных средств и условием для их успешной регистрации и коммерциализации является проведение высококачественных доклинических исследований эффективности, метаболизма и токсичности в соответствии с действующими стандартами. Такие исследования могут проводиться на базе доклинических отделов фармацевтических фирм, а в случае нецелесообразности создания таковых – в специализированных организациях, оказывающих соответствующие услуги. В рамках данной активности предполагается организация тестирования нейротоксичности и оценки накопления контрастирующих агентов, наночастиц и иных соединений на животных моделях в формате TaaS в рамках межлабораторного сотрудничества.

Активность:

Наименование активности	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Тестирование нейротоксичности и оценка накопления контрастирующих агентов, наночастиц и иных соединений на животных моделях в формате TaaS	**Зиньковская И.**	2025-2028 Набор и анализ данных

ЛНФ Гроздов Д.С., Чалигава О., Юшин Н.С.

ЛРБ Голикова К.Н., Колесникова И.А., Северюхин Ю.С., Утина Д.М., Эрнандес Г.И.

ЛЯП Рожков В.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Заявленная активность предусматривает создание экспериментальной системы для оценки токсичности и накопления контрастирующих агентов, наночастиц и иных соединений, применяемых для медицинской диагностики в рамках межлабораторного сотрудничества ЛНФ, ЛРБ и ЛЯП. Система будет включать в себя набор методов и протоколов, экспериментального оборудования и компетенций, необходимых для проведения исследований перспективных диагностических и терапевтических соединений на мелких лабораторных животных и разработке новых технологических подходов для задач ядерной медицины. В частности, для оценки нейротоксичности новых препаратов будет использован целый ряд методов этологии и патофизиологии. Метод нейтронного активационного анализа на реакторе ИБР-2 будет использован для определения накопления элементов в разных органах, что позволит определить их селективность по отношению к тканевым структурам, а также провести корреляционный анализ зависимости степени патологических процессов и содержания металла в органе. Томографические исследования будут проведены на стенде "Калан", расположенном в ЛЯП.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Будет организовано межлабораторное тестирование нейротоксичности и оценка накопления контрастирующих агентов, наночастиц и иных соединений, разрабатываемых в странах-участницах ОИЯИ, на животных моделях в формате TaaS. Система будет включать в себя этапы оценки эффективности, метаболизма и токсичности препаратов.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Будет оценена нейротоксичность (фармакокинетика, гистология, поведенческие тесты) йодсодержащих препаратов на животных моделях в формате TaaS.

Сотрудничество по активности A004

Страна или МО	Город, регион	Институт
Беларусь	Минск, MI	НИИ ФХП БГУ
Россия	Москва, MOW	МГУ

07-5-A005-2025/2028

Многофункциональная препаративная система тангенциальной фильтрации

Руководитель активности: Виноградов И.И.

Участвующие страны и международные организации:
Россия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Разработка системы и оптимизация процессов тангенциальной фильтрации для проведения микро-, ультра- и диафильтрации жидкостей.

Активность:

Наименование активности	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Многофункциональная препаративная система тангенциальной фильтрации	**Виноградов И.И**.	2025-2028
		Реализация
ЛЯР Андреев Е.В., Дрожжин Н.А., Пинаева У.В.		

Краткая аннотация и научное обоснование:
Целью исследования является разработка многофункциональной препаративной системы тангенциальной фильтрации, предназначенной для проведения микро-, ультра- и диафильтрации жидкостей, таких как культуральные среды, плазма крови, буферные и другие растворы, с использованием плоских мембранных элементов. Аппараты, основанные на тангенциальной фильтрации, находят широкое применение в исследовательских лабораториях, промышленности и медицине. Многофункциональная препаративная система тангенциальной фильтрации может быть использована в различных областях, включая фармацевтику (для концентрации и очистки белков, вакцин и антител), биотехнологию (в производстве биопрепаратов, таких как антибиотики и ферменты, а также для удаления эндотоксинов), пищевую промышленность (для осветления соков, пива и других напитков, а также для очистки и стабилизации жидкостей), виноделие (для осветления вин и других ферментированных напитков), медицину (для очистки инфузионных и перфузионных жидкостей и лекарств) и многие другие отрасли.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Основным результатом исследования станет создание многофункциональной препаративной системы тангенциальной фильтрации, которая будет использоваться как инструмент для оптимизации процессов фильтрации в тангенциальном потоке; средство для изучения физико-химических взаимодействий компонентов фильтруемой жидкости с трековыми мембранами, гибридными мембранами, ультрафильтрационными мембранами; инструмент для исследования мембранных и физико-химических процессов на новых типах плоских мембранных элементов; устройство для фильтрации жидких сред в небольших объемах (с уже оптимизированным процессом фильтрации) для создания конечного продукта; средство для концентрирования веществ в небольших объемах; инструмент для практической проверки теоретических моделей мембранных модулей для массового производства. В результате совместных работ планируется разработка одноразового модуля с заданными параметрами фильтрации, форм-фактором, материалами и прочими особенностями.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Тестирования в условиях, приближенных к реальным:

–отработка протокола получение меченных радиоактивными изотопами металлов модифицированных моноклональных антител, с промежуточными стадиями очистки и концентрирования на трековых мембранах;

– отработка протокола очистки полученной посредством лапароцентеза асцитической жидкости онкологических больных от диссеминирующих раковых клеток методом тангенциальной фильтрации на трековых мембранах в замкнутом цикле с целью последующей концентрации и внутривенной реинфузии аутологичных белков;

– концентрирование и очистка наночастиц серебра, золота, оксида кремния и др;

Проведение тестирования одноразового модуля в лабораторных условиях (концентрация — фильтрация модельных растворов в режиме ультрафильтрации, фильтрация модельных растворов в режиме микрофильтрации).

Сотрудничество по активности A005

Страна или МО	Город, регион	Институт
Россия	Москва, MOW	НМИЦ онкологии
		Сеченовский Ун-т

Физика и техника ускорителей заряженных частиц (08)

08-2-1126-2015

Развитие научной инфраструктуры ЛЯП для проведения исследований с применением полупроводниковых детекторов, лазерной метрологии, электронов, позитронов и криогенной техники

Руководители темы: Глаголев В.В.
Шелков Г.А.

Заместитель: Терещенко В.В.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Вьетнам, Германия, Россия, Сербия, Узбекистан, Чехия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Помимо перечисленных ниже проектов, особой задачей является завершение ввода в эксплуатацию базового объекта ЛЯП – линейного ускорителя электронов ЛИНАК.

Основными задачами исследований на линейном ускорителе электронов ЛИНАК на предстоящий 7-летний период являются:
– обеспечение пучками электронов с энергией до 200 МэВ (с возможным увеличением энергии до 800 МэВ) для проведения исследований и научно-методических работ по созданию детекторов элементарных частиц в ОИЯИ и в научных центрах стран-участниц для проведения экспериментов на коллайдере NICA и других установках, в том числе за пределами ОИЯИ;

– исследование управляемой генерации электромагнитного излучения релятивистскими электронами на основе использования функциональных материалов, поиск новых методов и создание аппаратуры пучковой диагностики в ускорителях;

– проведение исследовательских работ по созданию пучков релятивистских электронов с большим орбитальным моментом;

– реализация образовательных программ Университетского центра ОИЯИ;

– проведение научных исследований, в том числе прикладных, в области радиационного материаловедения, радиобиологии, радиохимии.

Ожидаемое время работы ускорителя в рамках открытой пользовательской программы составит не менее 2000 часов в год.

Целью проекта «Создание и развитие тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов ЛЯП» является создание на базе ЛИНАК инфраструктуры для методических исследований с использованием электронных пучков с энергиями от 20 МэВ до 200 МэВ.

В рамках проекта «Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов» основными задачами являются проведение научных и методических исследований по разработке прецизионных лазерных инклинометров для их применения в научных и прикладных задачах (мониторинг положения элементов коллайдера, совершенствование точность измерений гравитационных антенн, прогноз землетрясений); совершенствование методов метрологических измерений; создание сейсмически изолированной платформы.

Целью проекта «Развитие экспериментальной техники и прикладных исследований монохроматических позитронных пучков (PAS)» является создание установки для изучения структуры различных материалов и дефектов, возникающих при различных физических воздействиях (старении, внешних нагрузках, радиационном воздействии). Одним из методов является позитронно-аннигиляционная спектроскопия (PAS). Этот метод чувствителен к обнаружению различных (так называемых "открытых объемов") дефектов размером от 0,1 до 1 нм с минимальной концентрацией до 10^{-7} $см^{-3}$. Метод PAS имеет на четыре порядка лучшее пространственное разрешение по сравнению с просвечивающим электронным микроскопом.

Основной целью проекта «Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований» является разработка и методологическое исследование нового класса физических устройств — гибридных пиксельных полупроводниковых детекторов, работающих в режиме подсчета отдельных частиц. Эти устройства впервые появились на рубеже 2000-х годов и отличаются от других пиксельных детекторов возможностью обработки и оцифровки сигнала непосредственно в пикселе, что позволяет получать данные об энергии каждой частицы, попадающей в отдельный пиксель в дополнение для координации информации.

Основными целями проекта «GDH&SPASCHARM» являются внедрение в практику физического эксперимента и проведение поляризационных исследований оборудования, работающего при сверхнизких температурах и поляризованных мишенях; и участие в инновационных проектах с использованием криогенных, магнитных и поляризационных технологий.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Создание и развитие тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов ЛИНАК-200 в ЛЯП	Госткин М.И. *Заместитель:* Абдельшакур Э.С.	08-2-1126-1-2024/2028
2.	Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов	Глаголев В.В. Ляблин М.В.	08-2-1126-2-2016/2028
3.	Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (PAS)	Сидорин А.А. *Научный руководитель:* Мешков И.Н.	08-2-1126-3-2016/2028
4.	Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований	Шелков Г.А. *Заместители:* Рожков В.А. Терещенко В.В.	08-2-1126-4-2015/2028
5.	GDH&SPASCHARM	Усов Ю.А. *Заместитель:* Городнов И.С.	08-2-1126-5-2011/2028

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Создание и развитие тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов ЛИНАК-200 в ЛЯП**	**Госткин М.И.** *Заместитель:* **Абдельшакур Э.С.**	2024-2028 Реализация

ЛЯП Акоста М.Э., Бруква А.Е., Веренич А.И., Ву Д.К., Герклотц С.Д., Демин Д.Л., Демичев М.А., Жемчугов А.С., Журавлев П.П., Кобец В.В., Ковальчук В.А., Кручонок В.Г., Кузьменко А.С., Ле Х.К., Нгуен А.Ш., Нгуен Т.С.Т., Ноздрин А.А., Ноздрин М.А., Орлов В.В., Попов К., Пороховой С.Ю., Потрап И.Н., Смирнов С.А., Уланкин А.А., Харченко Д.В., Чинь Т.Ф., Шокин Д.С., Юненко К.Е.

ЛФВЭ Гаранжа Н.И., Сорокин А.Г., Шабратов В.Г.

ЛЯР Митрофанов С.В., Тетерев Ю.Г.

Краткая аннотация и научное обоснование:

Научно-методические исследования детекторов элементарных частиц являются необходимым условием прогресса ядерной физики и физики высоких энергий. Подготовка экспериментов на будущих ускорителях требует создания новых типов детекторов, способных справляться с большими загрузками и обеспечивать требуемую точность и надежность регистрации частиц. Разработка новых детекторов также важна для прикладных исследований, опирающихся на использование источников синхротронного излучения, и интенсивных рентгеновских установок. В частности, создание в странах-участницах ОИЯИ новых источников СИ и сверхмощных лазеров обуславливают создание экспериментальных станций на основе детекторов с высоким пространственным и энергетическим разрешением.

Возможность тестирования прототипов детекторов на тестовых пучках играет решающую роль при научно-методических исследованиях. Отсутствие установок с тестовыми пучками электронов в ОИЯИ значительно замедляет прогресс в создании новых типов электромагнитных калориметров и координатных детекторов для

будущих экспериментов MPD и SPD на коллайдере NICA, фотонных детекторов изображений, радиационно-стойких детекторов и дозиметрических приборов. Целью представленного проекта является создание на основе линейного ускорителя электронов ЛИНАК инфраструктуры для методических исследований на пучках электронов с энергией 20 МэВ и 200 МэВ. Предусматривается использование тестовой зоны на основе ЛИНАК для проведения экспериментов по изучению фотоядерных реакций, для прикладных исследований (радиационное материаловедение, радиационная генетика и т.п.).

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
В результате выполнения проекта на ускорителе ЛИНАК в ЛЯП ОИЯИ появится оборудованная тестовая зона для проведения научно-методических и научно-экспериментальных работ группами ОИЯИ и институтов государств-членов ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Работа ускорителя в соответствии с отобранными заявками пользователей.

Монтаж второй очереди ускорителя (энергия электронов 400 МэВ).

Оснащение пользовательского вывода на 200 МэВ узкозазорными пропорциональными камерами для получения информации о треках частиц.

2. Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов

Глаголев В.В.
Ляблин М.В.

2016-2028

Реализация

ЛЯП Бедняков И.В., Бедняков С.А., Бунятов К.С., Давыдов Ю.И., Клемешов Ю.В., Коломоец С.М., Красноперов А.В., Кузькин А.М., Ни Р.В., Плужников А.А., Поляков К.Д., Терещенко В.В., Торосян Г.Т., Шилов С.Н., Ширков Г.Д.

ЛТФ Баушев А.Н.

ГСиК Трубников Г.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Реализация проекта направлена на долговременное мониторирование поведения основания коллайдера NICA для отслеживания критических изменений конструкции, способных вызвать отклонения пучков от расчетных орбит. Также мониторирование позволит контролировать угловые колебания элементов коллайдеров от микросейсмических шумов индустриального и природного происхождения для выявления источников шумов и частот, совпадающих с резонансными частотами элементов коллайдера, что может приводить к снижению светимости.

Не менее важной составляющей проекта являются работы по созданию компактного инклинометра, способного измерять изменения углов наклона поверхности с точностью порядка 10^{-8} радиан на протяжении года. И, далее, построение сети из таких инклинометров в сейсмоопасных регионах для определения зон накопления энергии и потенциально сейсмоопасных областей.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Применение малогабаритных прецизионных лазерных инклинометров (МПЛИ) для мониторирование поведения основания фокусирующих элементов коллайдера NICA в зале MPD. Отслеживание сейсмических шумов и изменений положения основания этих элементов от внешних воздействий техногенного и природного характера.

Проведение НИР по созданию новой версии МПЛИ – интерферометрического ПЛИ (ИПЛИ), обладающего слабой температурной зависимостью и менее затратным производством, базирующимся на доступных компонентах.

Размещение и введение в эксплуатацию ПЛИ в геофизической обсерватории Нарочь центра геофизического мониторинга НАН Беларусь. Проведение совместных измерений промышленными геофизическими датчиками и инклинометрами ЛЯП; обработка результатов измерений.

Установка ПЛИ на Камчатке, в обсерватории исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (КФ ФИЦ ЕГС РАН) и в помещении Камчатского Государственного университета им. Витуса Беринга (КамГУ им Витуса Беринга). Проведение совместных измерений.

Проведение НИР по созданию новой версии инклинометра со съемом сигналов с помощью видеоматрицы.

Проведение начального этапа создания совместной геофизической экспериментальной станции ОИЯИ - Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси в ЛЯП ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Мониторирование поведения основания фокусирующих элементов коллайдера NICA в зале MPD.

Изготовление и апробирование опытных образцов интерферометрического инклинометра и инклинометра со съемом информации при помощи видеоматрицы.

Создание и установка ПЛИ усовершенствованной конструкции в геофизической обсерватории "Нарочь" в Беларуси для длительных испытаний.

Проведение начального этапа создания совместной геофизической экспериментальной станции ОИЯИ - Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси в ЛЯП ОИЯИ.

3.	**Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (PAS)**	**Сидорин А.А.** *Научный руководитель:* **Мешков И.Н.** (ЛФВЭ)	2016-2028 Реализация

ЛЯП Ахманова Е.В., Нгуен Ву Минь Чунг, Орлов О.С., Попов Е.П., Рудаков А.Ю., Самедов С.Ф., Хилинов В.И.

ЛФВЭ Кобец В.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Для исследований структуры различных материалов и дефектов, возникающих при различных физических воздействиях (старение, внешние нагрузки, радиационное воздействие), требуются высокоточные методы, способные различать неоднородности кристаллической структуры на нанометровом уровне. Одним из таких методов является позитронная аннигиляционная спектроскопия (ПАС). Этот метод является чувствительным к детектированию различных (так называемых "open-volume") дефектов размером от 0,1 до 1 нм с минимальной концентрацией до 10^{-7}см$^{-3}$. Метод ПАС имеет на 4 порядка лучшее пространственное разрешение по сравнению с просвечивающим электронным микроскопом.

Прикладные исследования в области твердого тела методами ПАС и развитие техники проведения экспериментов при помощи данных методов являются целью проекта. Для исследования дефектов в материалах применяется метод доплеровского уширения аннигиляционной линии (ДУАЛ), реализованный на потоке медленных монохроматических позитронов. Спектрометр ДУАЛ выполнен по стандартной схеме. Так же применяется метод Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy (PALS), реализованный на автономном источнике ^{22}Na. Для развития экспериментальной базы внедряется метод PALS на потоке медленных монохроматичных позитронов. Группой предложен оригинальный вариант этого метода, основанный на формировании упорядоченного потока медленных позитронов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Усовершенствование спектрометра ДУАЛ введением в схему измерения возможности регистрации совпадения двух аннигиляционных гамма-квантов.

Завершение создания системы упорядочения позитронов и введение в эксплуатацию спектрометра PALS на монохроматическом пучке позитронов.

Отработка методики ионного травления на созданной системе травления и применение ее для изучения тонкопленочных многослойных материалов.

Существует задача высокотемпературного вакуумного нагрева, которая может быть решена путем нагрева образцов электронным пучком. Имеющиеся технические возможности позволяют реализовать этот способ нагрева.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследования различных материалов (полупроводники, металлы, сплавы, полимеры, тонкие пленки) методами ДУАЛ на пучке и PALS (в классической реализации).

Продолжение прикладных исследований совместно с ТПУ (слоистые материалы Zr/Nb), САФУ (синтетические алмазы), Вьетнамом ($BiVO_4$, слоистые материалы для солнечных панелей), ЮАР (синтетические алмазы).

Исследование материалов и тонких пленок методом ДУАЛ по схеме совпадений.

Применение ионного травления для повышения точности измерений и измерения образцов по глубине большей чем доступно на установке ПАС.

Тесты системы упорядочивания для метода PALS на потоке позитронов и проведение тестовых измерений.

Улучшение системы автоматического управления установкой ПАС.

4. Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований

Шелков Г.А.
Заместители:
Рожков В.А.
Терещенко В.В.

2015-2028

Реализация

ЛЯП Абдельшакур С., Каурцев Н.Н., Кручонок В.Г., Лавров Г.К., Лапкин А.В., Макарова В., Малинин А.С., Сотенский Р.В., Чыонг Бао Фи

ЛЯР Исатов А.Т., Митрофанов С.В., Тетерев Ю.Г.

ЛНФ Ахметов А.А., Бериков Д., Копач Ю.Н.

ЛРБ Бугай А.Н., Чижов А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Главной целью работ по теме 1126, открытой в 2015 г., является освоение и методические исследования нового класса физических приборов - гибридных пиксельных полупроводниковых детекторов, работающих в режиме счета отдельных частиц. Эти устройства впервые появились на рубеже 2000-х гг. и отличаются от других пиксельных детекторов возможностью обработки и оцифровки сигнала непосредственно в пикселе, что позволяет, помимо координатной информации, получить данные об энергии каждой частицы, попадающей в пиксель.

Способность измерять энергию рентгеновского гамма-кванта открывает новые, недоступные ранее возможности. Имея такую информацию, можно определять не только поглощающую способность отдельных элементов исследуемого объекта, но и определять материал этого элемента. Так в медицинских рентгеновских томографах идентификация веществ в отдельных частях живого организма дает важнейшую информацию о путях метаболизма, компонентах тканей и механизмах доставки этих веществ. Особое значение эта задача приобретает при изучении доставки лекарственных средств. Проведение подобных исследований с помощью рентгеновской компьютерной томографии (КТ) в настоящее время затруднено из-за отсутствия доступных детектирующих систем, имеющих высокое пространственное разрешение и способных измерять энергию гамма-квантов. Целью данного проекта является создание аппаратно-программного базиса для разработки детектирующих систем с гибридными пиксельными детекторами и рентгенографической медицинской и промышленной аппаратуры на их основе. В результате выполнения проекта будут разработаны и изготовлены в промышленности опытные образцы новых энерго-чувствительных пиксельных детекторов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Основным направлением дальнейших работ будет разработка собственного ASIC и изготовление новых энерго-чувствительных полупроводниковых детекторов рентгеновских изображений и аппаратуры для:
– создания аппаратно-программного базиса для разработки новых типов рентгенографических аппаратов медицинской и промышленной диагностики, включая компьютерную томографию;

– совершенствования методов идентификации веществ в рентгенографических исследованиях, используя данные об измеренной энергии гамма-квантов.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Изготовление и тестирование первых элементов разрабатываемой ASIC.

Создание прототипа системы считывания данных с пиксельных детекторов.

Продолжение совместной работы с химиками МГУ на микротомографе MARS.

5. GDH&SPASCHARM Изучение спиновой структуры нуклона в сильных и электромагнитных взаимодействиях

Усов Ю.А.

2011-2028

Реализация

ЛЯП Вольных В.П., Гапиенко И.В., Городнов И.С., Должиков А.С., Кашеваров В.Л., Ковалик А., Кузьмин Е.С, Неганов А.Б., Приладышев А.А., Узиков Ю.Н., Федоров А.Н.

ЛТФ Герасимов С.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Экспериментальное исследование одно-спиновых асимметрий при производстве различных легких частиц с использованием пучка пионов с энергией 28 ГэВ на первом этапе и изучение одно-спиновых и двух-спиновых асимметрий в десятках реакций, в том числе с образованием чармония, с использованием поляризованного протонного пучка (проект SPASCHARM). Конечной целью проекта SPASCHARM является изучение спиновой структуры протона, начиная с определения вклада глюонов в спин протона при больших значениях переменной Бьёркена x путем изучения спиновых эффектов при образовании чармония. Это позволит понять адронный механизм образования чармония и выделить глюонную поляризацию $\Delta g(x)$ при больших значениях x.

Эксперименты с реальным пучком фотонов: фоторождение мезонов на нуклонах и ядрах и комптоновское рассеяние на нуклонах. Основные цели: экспериментальное подтверждение правила сумм Герасимова-Дрелла-Хирна (GDH), исследование спиральной структуры парциальных каналов реакции, разрешение спектра возбуждения барионов из легких кварков, поиск недостающих барионных резонансов и экзотических состояний (дибарионы, узкие нуклонные резонансы), изучение строения адронов.

Измерение $\Delta\sigma_T$ и $\Delta\sigma_L$ в эксперименте по трансмиссии поляризованных нейтронов через поляризованную дейтронную мишень при энергиях нейтронов <16 МэВ, где имеются ограниченные экспериментальные данные и где теория предсказывает существенный эффект трёхнуклонных сил (3NF). Данная часть проекта (NN) является продолжением измерений тех же величин при рассеянии нейтронов на протонах, которые проводились ранее.

Исследования и разработки поляризационного оборудования для установки MESA.

На сегодняшний день не существует теории, дающей полное и непротиворечивое описание всех наблюдаемых поляризационных эффектов в адронном секторе. Поэтому систематическое экспериментальное изучение поляризационных эффектов в самых разнообразных реакциях с использованием поляризованных пучков и поляризованных мишеней имеет большое значение для разработки теории, последовательно описывающей все наблюдаемые спиновые явления.

Наблюдаемые поляризации являются первостепенными характеристиками взаимодействий элементарных частиц и ядерных реакций. Формально измерение спин-зависимых параметров накладывает дополнительные ограничения на предполагаемый механизм реакции, структуру исследуемого микрообъекта и сам характер фундаментального взаимодействия. Следует отметить, что современные эксперименты, направленные на поиск эффектов нарушения CP-инвариантности и T-инвариантности вне стандартной модели, а также нарушения CPT-симметрии, основаны на поляризационных измерениях.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Разработка и создание нового криостата для поляризованной «замороженной» мишени установки SPASCHARM.

Завершение работ по созданию криостата для поляризованной мишени в Боннском университете.

Обратная транспортировка и полный запуск поляризованной мишени в Майнце для проекта GDH.

Проведение поляризационных исследований с использованием поляризованной «замороженной» мишени на ускорителе MAMI-C.

Проведение поляризационных исследований на новой поляризованной мишени на ускорителе Боннского университета ELSA.

Запуск модифицированной поляризованной мишени установки SPASCHARM и начало набора физической статистики на ускорителе.

По программе NN-взаимодействия будут проведены эксперименты по каналированию после модернизации стенда источника поляризованных дейтронов – 2024-2025 гг.

Проведение точных измерений векторных и тензорных поляризаций пучка дейтронов, ускорителя VdG.

Подготовка специального устройства для использования нового материала для мишени на основе тритил-легированного бутанола.

Изготовление и монтаж аппаратуры для измерения поляризации нейтронов с использованием рассеяния на мишени ^{4}He.

Проведение расконсервирования поляризованной дейтронной мишени и начало измерения разности сечений $\Delta\sigma_T$ и $\Delta\sigma_L$ в эксперименте по пропусканию nd при энергиях нейтронов <16 МэВ.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Завершить работы по созданию нового криостата для поляризованной мишени в Боннском университете.

Участие в наборе физических данных на ускорителе ELSA.

Сотрудничество по теме 1126

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	ИРП
Армения	Гюмри, SH	ИГИС НАН РА
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ
		ЦГМ НАНБ
Болгария	София, SOF	INRNE BAS
Вьетнам	Хошимин, SG	CNT VINATOM
Германия	Бонн, NRW	UniBonn
	Майнц, RP	JGU
Россия	Архангельск, ARK	САФУ
	Москва, MOW	Кристал
		МИФИ
	Новосибирск, NVS	ИФП СО РАН
	Петропавловск-Камчатский, KAM	КамГУ
		КФ ФИЦ ЕГС РАН
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Санкт-Петербург, SPE	СЗОНКЦ ФМБА
		СПбГЭТУ "ЛЭТИ"
	Томск, TOM	ТГУ
		ТПУ
Сербия	Нови-Сад, VO	UNS
Узбекистан	Ташкент, TK	ИС АН РУз
Чехия	Прага, PR	CTU

08-2-1127-2016

Перспективные разработки систем ускорителей и коллайдеров нового поколения для фундаментальных и прикладных целей

Руководители темы: Трубников Г.В.
Гикал Б.Н.

Научный руководитель: Ширков Г.Д.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Болгария, Вьетнам, Египет, Китай, Россия, Узбекистан, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Разработка систем и элементов ускорителей нового поколения в ОИЯИ, прикладные исследования на ускорителях, участие ОИЯИ в создании проектов международных ускорительных комплексов, участие ОИЯИ в разработке концепции создания пилотного научно-клинического центра протонной терапии.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Создание испытательных стендов для тестирования подсистем циклотрона MSC-230	Карамышева Г.А. Яковенко С.Л.	08-2-1127-1-2024/2027
2.	Технологический комплекс позитронной аннигиляционной спектроскопии ПАСТех	Яковенко С.Л. *Научный руководитель:* Трубников Г.В.	08-2-1127-2-2026/2027

Проект по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Сроки реализации
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Создание испытательных стендов для тестирования подсистем циклотрона MSC-230**	**Карамышева Г.А.** **Яковенко С.Л.**	2024-2027 Техпроект

ЛЯП Агапов А.В., Акатов В.А., Белов Н.Д., Весенков В.А., Власов А.И., Галкин Р.В., Герасимов В.А., Гоншиор А.Л., Гурский С.В., Доля С.Н., Евсеева И.В., Карамышев О.В, Киричков Н.В., Киян И.Н., Кудринский М.Р., Лепкина О.Е., Ломакина О.В., Ляпин И.Д., Малинин В.А., Малыш Д.А., Масленников А.Б., Мицын Г.В, Мусина Я.Б., Никольский С.Н., Павлова А.А., Пальников И.М., Петров Д.С., Попов Д. В., Попов К., Потапова Н.С, Рогозин Д.В., Романов В.М., Рыбаков Н.А., Седов Л.Д., Синица А.А., Скрипка Г.М., Слесаренко Н.В., Станкус А.С., Тимофей В.П., Федоренко С.Б., Федоров А.Н., Федоров Д.А., Чернецкая И.В, Чеснов А.Ф., Ширков С.Г., Шустров С.В.

ЛФВЭ Борисов В.В., Меркурьев А.В., Никифоров Д.Н., Новиков М.С., Петров М.В., Пивин Р.В., Пономарев А.А., Талызин Р.В.,

ЛИТ Акишин П.Г., Карамышева Т.В.

ЛНФ Черников А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект нацелен на создание медицинского сверхпроводящего циклотрона MSC-230 и инфраструктуры для проведения радиобиологических исследований. Реализация проекта позволит продолжить на новом уровне исследования в области протонно-лучевой терапии, проводившейся протонных пучках Фазотрона ЛЯП ОИЯИ в

течение многих лет. Планируемая высокая интенсивность протонного пучка — максимальный ток 1 мкА в непрерывном режиме и 10 мкА в импульсном режиме — даст возможность осуществить исследование нового метода лучевой терапии – флэш-терапии.

Для успешного пуска циклотрона MSC-230 требуется моделирование и проведение испытаний прототипов отдельных элементов циклотрона, таких как: сверхпроводящие катушки, источник протонов, дефлектор. Подготовка инфраструктуры для проведения пуска и наладки сверхпроводящего циклотрона.

Разработка сверхпроводящего протонного циклотрона MSC-230 позволит создать источник интенсивного пучка протонов, открывающий возможности проведения модернизации оборудования для точного контроля и подведения высокой мощности дозы для исследований метода флэш-терапии. Продолжение исследований в области протонной лучевой терапии, которые проводились в течении многих лет на протонных пучках Фазотрона ЛЯП ОИЯИ. Благодаря планируемой высокой интенсивности протонного пучка на новом ускорителе представляется возможность реализовать переход к так называемой флэш-терапии, когда доза за фракцию отпускается пациенту за очень короткое время (10-100 мс). При таком методе облучения достигается существенное снижение поражения здоровых тканей, окружающих облучаемую опухоль. В настоящее время в мире пока не существует центров протонной лучевой терапии, способных реализовать данную методику облучения.

Протонный циклотрон MSC-230 будет осуществлять проведение радиобиологических исследований широкого спектра, в частности: исследование новой стратегии лучевой флэш-терапии; повышение эффективности облучения протонами в присутствии наночастиц тяжелых металлов; практические задачи космической радиобиологии; совершенствование средств радиационной защиты космических кораблей для околоземных пилотируемых полетов; разработка и калибровка новых детекторов для космической отрасли; исследование эффектов ионизирующей радиации на поведение животных (обезьян, грызунов).

Разработка сверхпроводящего протонного циклотрона MSC-230 позволит осуществить прорывные НИОКР в области сверхпроводящих магнитных технологий для ускорителей будущего, включая технологии на основе высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), ультракомпактные системы криоснабжения. Внедрить технологии искусственного интеллекта (ИИ) в проведение моделирования циклотронов для прикладных целей, планирования облучений и радиобиологии.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Создание медицинского сверхпроводящего циклотрона MSC-230 и инфраструктуры для проведения радиобиологических исследований. Дальнейшее проведение исследований, на созданной инфраструктуре. Медицинская аттестация пучка протонов и дозиметрического оборудования.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Проведение пуско-наладки MSC-230 на стенде испытания циклотрона. Получение проектных параметров MSC-230. Изготовление канала транспортировки. Создание процедурной кабины с пультовой.

2.	**Технологический комплекс позитронной аннигиляционной спектроскопии ПАСТех**	**Яковенко С.Л.** *Научный руководитель:* **Трубников Г.В.**	2026-2027 Реализация

ЛЯП Агапов А.В., Ахманова Е.В., Масленников А.Б., Ноздрин М.А., Орлов О.С., Пивин Р.В., Рудаков А.Ю., Хилинов В.А., Федоренко С.Б., Федоров Д.А., Сидорин А.А.

ЛФВЭ Дробин В.М., Хилинова О.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Для исследований структуры различных материалов и дефектов, возникающих при физических воздействиях (старение, внешние нагрузки, радиационное воздействие) требуются высокоточные методы, способные различать неоднородности кристаллической структуры на нанометровом уровне. Одним из таких методов неразрушающего контроля является позитронная аннигиляционная спектроскопия (ПАС). Этот метод является чувствительным к детектированию различных (так называемых «open-volume») дефектов размером от 0,1 до 1 нм с минимальной концентрацией до 10^{-7} $см^{-3}$.

Позитронные моноэнергетические пучки представляют большой интерес для материаловедения. Используя моноэнергетический пучок позитронов низкой энергии, можно сканировать исследуемый образец от поверхности на глубину в несколько десятков микрон, регулируя энергию позитронов. Таким образом, позитронный моноэнергетический пучок может быть использован для исследований методами ПАС характеристик тонких пленок, анализа модификации поверхности, приповерхностных слоев материалов, структур соизмеримых с глубиной проникновения позитронов.

В ОИЯИ создана и успешно работает компактная установка для проведения исследований твердого тела методами ПАС. Коллектив, создавший и эксплуатирующий установку, обладает научно-техническим заделом для создания уникального по параметрам технологического комплекса позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАСТех).

Целью проекта является создание предсерийного образца: компактного и уникального по параметрам комплекса, для проведения исследований твердого тела методами позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС). Получение проектных параметров: интенсивность позитронного пучка 10^6 e^+/ с, ширина спектра менее 2 эВ. Изменение энергии в диапазоне от 30 эВ до 30 кэВ с шагом 30 эВ.

В настоящее время среди стран-участниц ОИЯИ и российских образовательных центров существует запрос на компактные установки, способные обеспечить проведение прикладных исследование в материаловедении, а также обеспечить подготовку инженеров в области ускорительной техники.

Создаваемый современный технологический комплекс, для проведения исследований твердого тела методами ПАС позволит не только проводить исследования твердого тела, но также создать экспериментальную базу для образовательного процесса, представляя собой компактный ускоритель частиц, включающий большинство распространённых ускорительных систем (вакуумная система, магнитная система, диагностика пучка, криогенная техника, система управления и т. д.).

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Создание предсерийного образца Технологического комплекса позитронной аннигиляционной спектроскопии ПАСТех. Получение проектных параметров. Подготовка комплекта эксплуатационной и проектной документации.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Создание предсерийного образца Технологического комплекса позитронной аннигиляционной спектроскопии ПАСТех. Получение проектных параметров. Подготовка комплекта эксплуатационной и проектной документации.

Активности темы:

	Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Совершенствование методов, технологий, режимов планирования и проведения лучевой терапии**	**Мицын Г.В.**	2024-2028 Реализация

ЛЯП Агапов А.В., Белокопытова К.В., Гаевский В.Н., Густов С.А., Дима С.Н., Донская Г.В., Индюкова М.Д., Клочков И.И., Молоканов А.Г., Писарева С.А., Рзянина А.В., Углова С.С., Швидкий С.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Данный проект является продолжением исследований на пучках протонов, начатых в ЛЯП ОИЯИ еще в 1967 году. В проекте предполагаются следующие работы: участие в подготовке медико-технических условий для проекта создания центра протонной терапии, расчет трактов транспортировки пучка к облучательным установкам, разработка и изготовление детекторов для дозиметрического сопровождения флэш-терапии, разработка и апробация всех технологических этапов планирования и проведения протонной терапии. Планируется проведение медико-биологических исследований на линейном ускорителе электронов ЛЯП (ЛИНАК-200), на котором предполагается сформировать пучок электронов с энергией 20–25 МэВ для облучения клеточных культур и малых лабораторных животных (мышей, крыс).

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Изготовление и проведение испытаний модификаторов пика Брэгга протонного пучка (гребенчатых фильтров) с применением 3D-печати для будущего радиологического центра на основе ускорителя MSC-230.

Изготовление и испытание тонкостенных многопроволочных и стриповых ионизационных камер.

Формирование пучка электронов с энергией 20–25 МэВ на ускорителе ЛИНАК-200 для проведения медико-биологических исследований.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Продолжение работ в области радиобиологических исследований по широкому спектру направлений: применение наночастиц тяжелых металлов в качестве радиомодификаторов при проведении радиотерапии, изучение радиобиологических основ возникновения флэш-эффекта, исследования влияния ионизирующих излучений разного качества на структуры и функции центральной нервной системы.

2. Исследования в области фотоинжекционных систем — **Ноздрин М.А., Кобец В.В.** — 2024-2027

Реализация

ЛЯП Веренич А.И., Дятлов А.С., Орлов В.В., Попов К., Сорокин А.Г., Шокин Д.С., Юненко К.Е.

ЛФВЭ Блеко В.В., Гаранжа Н.И.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В большинстве современных лазеров на свободных электронах и других установках, требующих электронного пучка высокого качества, используются инжекторы на основе фотокатода, позволяющие обеспечить более высокое качество пучка в сравнении с термо-инжектором. Рассматривается возможность замены термоинжектора ускорителя ЛИНАК-200 на фотоинжектор, что приведёт к уменьшению эмиттанса пучка, расширит возможности по профилированию импульса во времени и в перспективе позволит создать на базе ЛИНАК-200 лазер на свободных электронах в диапазоне от далекого ИК до УФ и мягкого рентгена.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание стенда фотоинжектора с энергией электронов до 6 МэВ на базе ВЧ-пушки S-диапазона.

Заключение о возможности замены термоинжектора ускорителя ЛИНАК-200 на фотоинжектор с целью улучшения качества пучка и вариативности его параметров.

Исследование квантового выхода различных «прозрачных» фотокатодов на основе ультратонких углеродных плёнок: в зависимости от методики напыления, углеродных фаз и структур, допирующих элементов и их концентрации, формы катода и т.п.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Завершение модернизации СВЧ-системы стенда. Реализация запуска клистрона от задающего генератора лазера, предложение по системе фазовой автоподстройки частоты, начало её разработки. Завершение модернизации лазерного драйвера. Завершение разработки систем безопасности. Начало пусконаладочных работ.

3. Участие в разработке концепции и совместного проекта с ФМБА России создания пилотного научно-клинического центра протонной терапии — **Ширков Г.Д.** — 2024-2028

Подготовка проекта

ЛЯП Ширков С.Г., Яковенко С.Л.

ЛФВЭ Столыпина Л.Ю.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Федеральное медико-биологическое агентство (ФМБА) России выразило намерение принять участие совместно с ОИЯИ в разработке совместной концепции (а в перспективе, и проекта) создания пилотного научно-клинического центра протонной терапии на базе существующего медицинского центра МСЧ № 9 ФМБА в г. Дубна и на основе создаваемого в ОИЯИ ускорителя MSC-230. Задачами центра станут разработка и развитие современных методик и технологий лучевой терапии, медицинских технологий и диагностики для применения лучевой терапии, передовые научные исследования в области радиобиологии, экспериментальное облучение и в дальнейшем лечение пациентов.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Подготовка проекта создания центра протонной терапии.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Проект научно-клинического центра протонной терапии на базе ускорителя MSC-230.

Сотрудничество по теме 1127

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	ИРП
		MOM
Болгария	София, SOF	INRNE BAS
Вьетнам	Хошимин, SG	CNT VINATOM
Египет	Каир, C	ASRT
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS
	Хэфэй, AH	ASIPP CAS
Россия	Архангельск, ARK	САФУ
	Димитровград, ULY	ФНКЦРиО ФМБА
	Москва, MOW	ИКИ РАН
		ИМБП РАН
		МГУ
		ФМБЦ ФМБА
		ФЦМН ФМБА
	Новочеркасск, ROS	ЮРГПУ НПИ
	Пущино, MOS	ИТЭБ РАН
	Санкт-Петербург, SPE	НИИЭФА РОСАТОМ
	Томск, TOM	ТПУ
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз
ЮАР	Кейптаун, WC	iThemba LABS
	Ричардс-Бей, NL	UNIZULU

Организация научной деятельности и международного сотрудничества Укрепление кадрового потенциала Образовательная программа (09)

09-8-1037-2001

Аналитические и методические разработки для организации научных исследований и международного сотрудничества по основным направлениям развития ОИЯИ

Руководители темы: Матвеев В.А.
Неделько С.Н.
Куликов О.-А.

Участвующие страны и международные организации:
Армения, Болгария, Египет, Казахстан, Россия, Тунис, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Разработка аналитических материалов по перспективам научных исследований.

Подготовка планов научно-исследовательских работ. Разработка научно-организационных и методических материалов для целевого финансирования научных направлений, тем и проектов.

Разработка и применение информационных систем для анализа результатов теоретических и экспериментальных научных исследований.

Организация международного сотрудничества с государствами-членами ОИЯИ, государствами, участвующими в деятельности ОИЯИ на основе двухсторонних соглашений, и научно-исследовательскими учреждениями, с которыми заключены договоры о совместных работах.

Ожидаемые результаты по завершении темы:
Рекомендации по основным направлениям деятельности и развития ОИЯИ.

Анализ научно-технического сотрудничества и научно-организационной деятельности лабораторий и подразделений Института.

Научно-организационное обеспечение процесса разработки планов и отчетов научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ.

Обеспечение оперативного взаимодействия с представителями государств-членов ОИЯИ и государств, участвующих в деятельности ОИЯИ на основе двухсторонних соглашений в области научно-исследовательских работ.

Ожидаемые результаты по теме в текущем году:
Совершенствование организации и координации научно-исследовательских работ в ОИЯИ.

Анализ итогов деятельности ОИЯИ за 2026 год по основным научным направлениям Института.

Подготовка к изданию ПТП на 2028 год. Определение приоритетных направлений развития ОИЯИ на 2027 год. Обновление, администрирование и поддержание функционирования электронной системы ведения Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ (ПТП).

Развитие грантовой деятельности ОИЯИ и участия Института в целевых программах финансирования научных исследований в 2027 году.

Подготовка аналитических материалов для министерств и ведомств государств-членов.

Развитие и продвижение информационных ресурсов ОИЯИ в сети Интернет. Обеспечение работы официального сайта ОИЯИ.

Издания еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, содружество, прогресс» и ежеквартального издания бюллетеня «Новости ОИЯИ».

Поддержка системы заключения и учета соглашений о научно-техническом сотрудничестве.

Содействие реализации права ОИЯИ по самостоятельному присуждению ученых степеней Российской Федерации. Поддержка работы диссертационных советов ОИЯИ.

Подготовка к изданию отчета ОИЯИ за 2026 год. Подготовка материалов для системы ИНИС.

Научно-организационное обеспечение и подготовка материалов руководящих и консультативных органов ОИЯИ.

Обеспечение оперативного взаимодействия с представителями государств-членов ОИЯИ и государств, участвующих в деятельности ОИЯИ на основе двухсторонних соглашений в области научно-исследовательских работ. Организация и проведение совещаний объединенных координационных комитетов по сотрудничеству. Обеспечение взаимодействия ОИЯИ с международными организациями.

Организация и проведение конкурсов на соискание Премий ОИЯИ, подготовка материалов для выдвижения кандидатов в члены академий наук, на присвоение почетных званий, награждение медалями и иными наградами.

Исследование истории развития ОИЯИ как международной межправительственной научной организации. Экспертно-аналитическое сопровождение деятельности музея науки и техники ОИЯИ, включая исторический архив.

Направления деятельности	**Руководители**
Подразделение Ответственные от подразделения	
1. Подготовка к изданию ПТП	**Неделько С.Н.** **Жемчугов А.С.**
ДНОД Боклагова Н.А., Коробов Д.С., Кучерка Н., Мартовская Я.Л.	
2. Обеспечение и совершенствование работы руководящих и консультативных органов ОИЯИ	**Неделько С.Н.** **Куликов О.-А.**
ДНОД Асанова Е.С., Богданова Т.В., Боклагова Н.А., Кешарпу Е.В., Коробов Д.С., Кучерка Н., Мартовская Я.Л., Сисакян Н.И., Швецова Л.А., Шиманская Ю.Г.	
ДепМС Аль-Маайта Д.О., Белова О.Н., Коротчик О.М., Котова А.А.	
3. Подготовка аналитических и экспертных материалов для министерств и ведомств государств-членов ОИЯИ	**Неделько С.Н.** **Куликов О.-А.** **Жемчугов А.С.**
ДНОД Богданова Т.В., Боклагова Н.А., Дорошкевич Н.В., Коробов Д.С., Круглова С.Н., Крупа О.В., Кучерка Н., Мартовская Я.Л.	
ДепМС Бадави Е.А., Кеселис Т.В., Котова А.А., Маркович Д., Сулейманов И.Т.	
УНЦ Каманин Д.В.	
НТБ Иванова Е.В., Лицитис В.В.	
4. Развитие и сопровождение грантовой деятельности ОИЯИ и участия Института в целевых программах финансирования научных исследований	**Неделько С.Н.** **Жемчугов А.С.**
ДНОД Боклагова Н.А., Коробов Д.С., Мартовская Я.Л., Сисакян Н.И.	
ДепМС Куликов О.-А.	
5. Поддержка работы диссертационных советов ОИЯИ	**Неделько С.Н.** **Жемчугов А.С.**
ДНОД Петрова Е.А., Сисакян Н.И.	
ЛФВЭ Белов О.В.	

6. Обеспечение деятельности ОИЯИ в рамках соглашений о сотрудничестве — **Неделько С.Н., Куликов О.-А.**

ДНОД Дорошкевич Н.В., Крупа О.В., Кучерка Н., Сисакян Н.И.

ДепМС Бадави Е.А., Кеселис Т.В., Котова А.А., Сулейманов И.Т.

УНЦ Каманин Д.В.

7. Обеспечение работы и наполнения Интернет-ресурсов ОИЯИ — **Неделько С.Н., Куликов О.-А.**

ДНОД Боклагова Н.А., Коробов Д.С., Лапенко И.А., Нанев А.Г., Сисакян Н.И., Старченко Б.М., Фуфаева В.Е.

СГУС Булатова Д.Р., Борозна Н.В., Заикина Н.В.

УНЦ Каманин Д.В., Сущевич А.А.

Редакция еженедельника «Дубна: наука, содружество, прогресс» Мялковская Г.И.

8. Подготовка к изданию ежеквартального бюллетеня «Новости ОИЯИ» и Годового отчета о деятельности ОИЯИ — **Неделько С.Н., Жемчугов А.С.**

ДНОД Асанова Е.С., Кронштадтова И.В., Лапенко И.А., Старченко Б.М., Щербакова И.Ю., Шиманская Ю.Г.

9. Подготовка материалов для системы ИНИС — **Круглова С.Н.**

ДНОД Старченко Б.М.

10. Международное сотрудничество — **Куликов О.-А.**

ДепМС Бадави Е.А., Кеселис Т.В., Котова А.А., Сулейманов И.Т.

ДНОД Богданова Т.В., Боклагова Н.А., Жемчугов А.С., Коробов Д.С., Кучерка Н., Неделько С.Н., Швецова Л.А.

11. Сопровождение развития и имплементации сервисов цифровой экосистемы ОИЯИ в части, соответствующей профилю деятельности ДНОД — **Неделько С.Н., Кучерка Н.**

ЛИТ Белов С.Д., Неополитанский Д.В., Приходько А.В.

ДепМС Куликов О.-А.

12. Исследование истории развития ОИЯИ как ММНО — **Неделько С.Н., Жемчугов А.С.**

ДНОД Фуфаева В.Е.

ДепМС Бадави Е.А.

Аппарат директора Хведелидзе М.А.

Музей Злотникова А.Е., Малая Е.К., Расторгуев А.А.

Сотрудничество по теме 1037

Страна или МО	Город, регион	Институт
Армения	Ереван, ER	ЕГУ
		ННЛА
Болгария	София, SOF	SU
Египет	Каир, C	ASRT
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ
Россия	Москва, MOW	ВШЭ
		ИВ РАН
		ИМЭМО РАН
		МГИМО
		РИЭПП
		РУДН
	Санкт-Петербург, SPE	ИТМО
Тунис	Тунис, TUN	АААЭ
ЮАР	Кейптаун, WC	iThemba LABS

09-9-1139-2019

Научно-образовательные программы подготовки высококвалифицированных кадров

Руководители темы: Трубников Г.В.
Каманин Д.В.
Бадави В.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Вьетнам, Египет, Казахстан, Куба, Монголия, Россия, Сербия, Тунис, Узбекистан, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Развитие и реализация системы подготовки кадров в ОИЯИ в целях удовлетворения потребностей государств-членов в высококвалифицированных научно-инженерных кадрах, а также пополнения научного, инженерного и технического персонала Института является ключевой задачей, включающая в себя работу с различными профильными аудиториями, в т.ч., школьников и школьных учителей.

Для этих целей УНЦ совместно с университетами государств-членов ОИЯИ создает условия для подготовки студентами и аспирантами своих квалификационных работ в лабораториях института, поддерживает деятельности базовых кафедр вузов в стране местопребывания Института, принимает участие в создании и развитии сетевых образовательных программ, принимает на практику студентов, аспирантов и стажеров на основе договоров о сотрудничестве с университетами государств-членов ОИЯИ и с международными организациями. Важной составляющей работы по подготовке кадров является организация и проведение международных студенческих практик и международных школ для молодежи государств-членов Института; развитие и поддержание учебно-лабораторной инфраструктуры для проведения специализированных практикумов по научно-инженерным дисциплинам; поддержание и развитие системы курсов повышения квалификации, подготовки и переподготовки технического и инженерно-технического персонала ОИЯИ.

Развитие системы продвижения современной науки среди школьников и школьных учителей, проведение экскурсий и виртуальных визитов на базовые установки Института; участие в фестивалях наук, выставках, форумах с участием ОИЯИ; обеспечение взаимодействия и развития сотрудничества с образовательными центрами для школьников; разработка и производство информационных материалов для информационных центров ОИЯИ, ведение групп УНЦ в социальных медиа.

Ожидаемые результаты по завершении темы:
Участие в разработке лекционных курсов и семинарских занятий для студентов и аспирантов базовых кафедр в ОИЯИ вузов РФ.

Прием на практику студентов и аспирантов в ОИЯИ на основе договоров о сотрудничестве с университетами государств-членов Института и других стран.

Обеспечение работы и дальнейшее развитие инженерно-физического практикума для студентов и аспирантов государств-членов и партнеров Института.

Функционирование системы прикрепления сотрудников Института к ОИЯИ для подготовки диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. Участие в институтской системе аттестации научных кадров.

Обеспечение работы студенческой программы ОИЯИ START, онлайн программы INTEREST, проведение международных студенческих школ и практик.

Запуск программы кратковременных научных стажировок для исследователей и инженеров в ОИЯИ ASPYRE.

Создание организационных предпосылок для обеспечения вклада ОИЯИ в системы подготовки национальных кадров для крупномасштабных инфраструктурных проектов в государствах-членах и других странах-партнерах Института.

Совершенствование лицензированной системы курсов повышения квалификации и переподготовки инженерно-технического персонала Института.

Реализация программ повышения квалификации школьных учителей из государств-членов Института.

Поддержка функционирования межшкольных факультативных занятий для школьников г. Дубны, взаимодействие с образовательными учреждениями и программами естественно-научного направления для школьников.

Развитие партнерской сети Информационных центров ОИЯИ.

Оснащение базовых кафедр в партнерских университетах и информационных центров ОИЯИ в государствах-членах электронными и печатными материалами, информационными ресурсами.

Обеспечение работы программы JEMS с целью укрепления и расширения контактов с университетами и образовательными структурами стран-участниц, ассоциированных членов и стран-партнеров института.

Создание информационных научно-популярных печатных и электронных изданий, популяризующих Институт и достижения современной науки для использования в образовательном процессе.

Расширение партнерской сети ОИЯИ через развитие образовательных программ.

Ожидаемые результаты по теме в текущем году:
Поддержка и сопровождение учебного процесса на базовых кафедрах российских вузов в ОИЯИ, проработка возможностях более длительного пребывания студентов старших курсов в Дубне.

Поддержка функционирования системы прикрепления к ОИЯИ для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Организация и проведение международных студенческих практик по направлениям исследований, ведущихся в ОИЯИ, для студентов из вузов государств-членов Института. Синхронизация практик ЮАР и АРЕ и предшествующих им научных школ. Привлечение новых стран к участию в программе.

Организация и проведение студенческой программы ОИЯИ START (летняя и зимняя сессии) и онлайн программы INTEREST (весенняя и осенняя волны). Привлечение новых руководителей образовательных программ из числа молодых ученых.

Разработка организационных предпосылок для систем подготовки кадров в ОИЯИ для национальных крупномасштабных инфраструктурных проектов по запросам государств-членов и заинтересованных партнеров.

Организация и проведение совместных специализированных научных мероприятий и школ с университетами-партнерами на базе ОИЯИ, ориентированных на младшие курсы.

Поддержание и развитие информационной системы о выполнении квалификационных работ студентами и аспирантами из университетов государств-членов в лабораториях Института.

Увеличение загрузки инженерно-физического практикума для студентов и аспирантов государств-членов Института и молодых сотрудников института, развитие существующих практикумов, разработка практикумов на линейном ускорителе LINAC-200. Расширение образовательных программ по устройству ускорителя и диагностике пучка, по электронике на базе микросхем программируемой логики.

Обеспечение регулярной работы курсов русского как иностранного и английского языков для сотрудников ОИЯИ в формате клуба. Расширение номенклатуры изучаемых языков.

Проведение курсов повышения квалификации и переподготовки инженерно-технического персонала Института и регулярное проведение обучения по охране труда.

Организация научных школ для учителей физики из государств-членов Института в ОИЯИ, в том числе на английском языке.

Расширение образовательных программ для старшеклассников из стран партнеров ОИЯИ.

Развитие системы онлайн экскурсий на базовые установки ОИЯИ и видеоконференций с образовательными учреждениями государств-членов Института. Организация и сопровождение научных школ для школьников и экскурсий в ОИЯИ в интересах базовых кафедр и информационных центров.

Расширение пользовательского сообщества учебно-методического комплекса «инженеры будущего» в стране местопребывания Института, адаптация части его материалов для использования в странах-участницах.

Организация участия ОИЯИ в фестивалях наук на базе университетов страны-местопребывания Института и апробация участия в фестивалях науки в других странах участницах.

Открытие новых Информационных центров ОИЯИ в стране местопребывания Института и в странах-участницах.

Организация и проведение программ JEMS в соответствии с программой международного сотрудничества.

	Направление деятельности	**Руководители**
Лаборатория (Подразделение)		
Руководители	Ответственные от лаборатории	
1.	**Организация учебного процесса в ОИЯИ**	**Каманин Д.В.** **Бадави В.**
ЛЯП Якушев Е.А. Наумов Д.В.	Баймуханова А., Жемчугов А.С., Ольшевский А.Г.	
ЛТФ Казаков Д.И.	Антоненко Н.В., Брагута В.В.	
ЛНФ Лычагин Е.В. Швецов В.Н.	Авдеев М.В., Белушкин А.В., Куликов С.А	
ЛФВЭ Бутенко А.В. Строковский Е.А. Белов О.В.	Малахов А.И., Сидорин А.О., Пешехонов Д.В.	
ЛЯР Сидорчук С.И.	Карпов А.В., Рачков В.А.	
ЛИТ Шматов С.В. Кореньков В.В. Стриж Т.А.	Дереновская О.Ю., Пелеванюк И.С., Стрельцова О.И.	
ЛРБ Бугай А.Н.	Кошлань И.В., Борейко А.В., Кожина Р.А.	
Дирекция Кекелидзе В.Д. Костов Л. Гикал Б.Н.	Матвеев В.А., Шарков Б.Ю.	
ДепМС Куликов О.-А.	Бадави Е.А.	
2.	**Популяризация науки и достижений ОИЯИ**	**Сущевич А.А.**
ЛЯП	Анфимов Н.В., Ширченко М.В.	
ЛТФ	Андреев А.В., Фризен А.В.	
ЛНФ	Храмко К.	
ЛФВЭ	Дряблов Д.К.	
ЛЯР	Гикал К.Б., Карпов А.В.	
ЛИТ	Пелеванюк И.С.	
ЛРБ	Колесникова И.А., Северюхин Ю.С., Храмко Т.С.	
Универсальная библиотека ОИЯИ	Гапонова О.В.	

3. Инженерно-физический практикум **Ноздрин М.А.**

ЛЯП Жемчугов А.С., Пивин Р.В.

ЛЯР Белозёров Д.С., Бодров А.Ю., Бузмаков В.А., Верламов К.А., Гикал К.Б., Злыденный Д.А., Капитонов А.М., Пищальникова Е.В., Сабельников А.В., Халкин А.В., Щеголев В.Ю.

4. Информационные центры ОИЯИ **Каманин Д.В.**
Стажировка JEMS

ЛЯП Дубовик Е.Н.
Наумов Д.В.

ЛТФ Андреев А.В.
Антоненко Н.В.

ЛНФ Незванов А.Ю.
Швецов В.Н.

ЛФВЭ Сидорин А.О.
Ледницки Р.

ЛЯР Каминski Г., Карпов А.В.
Сидорчук С.И.

ЛИТ Пелеванюк И.С.
Дереновская О.Ю.
Стрельцова О.И.

ЛРБ Кошлань И.В.
Бугай А.Н.

ДНОД Жемчугов А.С.
Неделько С.Н.

ДепМС Бадави Е.А., Полякова Ю.Н.
Куликов О.-А.

Проект по теме:

	Наименование проекта	**Руководитель проекта**	**Шифр проекта**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
Руководители от лаборатории			
1.	**Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ**	**Панебратцев Ю.А.** **Клыгина К.В.** **Сидоров Н.Е.**	09-9-1139-1-2021/2028 Реализация

ЛФВЭ Аверичев А.С., Апарин А.А., Белов О.В., Воронцова Н.И., Голубева Е.И., Григорьев П.Н.,
Чеплаков А.П. Коробицин А.А., Лашманов Н.А., Лыонг Ба Винь, Осмачко М.П., Пухаева Н.Е., Рогов В.Ю., Семчуков П.Д., Ярыгин Г.А.

ЛЯР Азнабаев Д., Исатаев Т., Лукьянов С.М., Мендибаев К., Науменко М.А., Рачков В.А.
Карпов А.В.
Деникин А.С.

ЛРБ Гордеев И.С., Давыдов Д.В., Капралов М.И., Крылов В.А., Павлик Е.Е., Розанов А.Ю.,
Бугай А.Н. Рюмин А.К., Чижов А.В.
Кошлань И.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Интеграция науки, образования и достижений современных технологий являются одним из важнейших факторов для развития экономики и социальной структуры общества, основанного на наукоёмких технологиях. Такая интеграция не возможна без объединения усилий университетов и научных центров различных стран для создания новых учебных курсов и исследовательских практик.

Объединённый институт ядерных исследований как международная организация, под эгидой которой объединены государства-участники, ассоциированные члены, а также десятки сотрудничающих университетов из разных стран мира, предлагает своё решение в виде реализации проекта «Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ».

Цели проекта:
– использование современных образовательных технологий для подготовки студентов университетов и повышения квалификации специалистов для работы в ОИЯИ;

– привлечение талантливой молодёжи из стран-участниц и стран, сотрудничающих с ОИЯИ, к участию в исследовательских проектах Института;

– внедрение результатов в области фундаментальных и прикладных исследований, полученных в ОИЯИ, в образовательный процесс в странах-участницах и ассоциированных членах ОИЯИ. Расширение географии сотрудничества;

– сотрудничество с ведущими мировыми научными центрами и университетами в области создания образовательных ресурсов для учителей физики и школьников старших классов;

– повышение узнаваемости фундаментальных и прикладных мультидисциплинарных исследований, которые ведутся в ОИЯИ, и бренда ОИЯИ среди широкой аудитории. Размещение курсов, подготовленных ведущими специалистами ОИЯИ, на международных платформах открытого образования;

– создание образовательного и выставочного контента по тематике ОИЯИ на уровне ведущих научных центров.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Информационная поддержка основных направлений фундаментальных и прикладных исследований в ОИЯИ.
Создание онлайн-курсов и новых образовательных программ по тематике деятельности Института на современных образовательных платформах.

Развитие проекта по созданию виртуальных, дистанционных и лабораторных практикумов для изучения ядерной физики и её прикладных направлений.

Развитие выставочной деятельности о достижениях ОИЯИ и современной науке в РФ и странах, сотрудничающих с ОИЯИ.

Создание мультимедийных ресурсов и веб-решений для поддержки информационных центров ОИЯИ.

Создание электронных учебных материалов и исследовательских лабораторных работ для школьников для изучения физики и биологии на углублённом уровне в школах РФ и странах-партнёрах.

Создание и внедрение в учебный процесс в школах РФ учебно-методического комплекса для изучения физики на углублённом уровне «Физика 7–9. Инженеры будущего».

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Создание и развитие информационной системы поддержки прикладных исследований на ускорительном комплексе NICA.

Сотрудничество с НИЯУ МИФИ в области создания онлайн-курсов по ядерной физике, инженерии, атомным и смежным технологиям и их дальнейшее размещение на образовательных порталах ОИЯИ (edu.jinr.ru) и НИЯУ МИФИ (online.mephi.ru) и сайте (инженеры-будущего.рф).

Использование дополненной, расширенной и виртуальной реальности для подготовки выставочных экспонатов о базовых установках и экспериментальных исследованиях ОИЯИ.

Разработка виртуального практикума по радиобиологии.

Разработка и развитие совместно с iThemba LABS платформы для подключения дистанционных практикумов.

Развитие hands-on практикумов и новых виртуальных лабораторных работ по ядерной электронике и основам детектирования ионизирующих частиц.

Проведение практик и мастер-классов для студентов и преподавателей университетов в рамках развития проекта «Виртуальная лаборатория».

Создание серии видеороликов по использованию безуглеродных источников энергии и основам экспериментальной ядерной физики для школьников для образовательных организаций ЮАР.

Подготовка новых электронных образовательных материалов для сайта поддержки учебно-методического комплекса для изучения физики на углублённом уровне в школах РФ «Физика 7-9. Инженеры будущего».

Создание электронных учебных материалов для элективного курса «Ядерная физика» и учебного курса «Введение в ядерную физику и ядерную электронику» для студентов университетов и старших классов профильной школы, включая исследовательские практикумы по ядерной физике (лабораторный, виртуальный и дистанционный).

Активность темы:

	Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		**Статус**
1.	**Создание учебно-методических комплексов для изучения физики на базовом и углублённом уровне для основного общего и среднего общего образования**	**Трубников Г.В.** **Панебратцев Ю.А.**	2026-2028 Реализация
УНЦ	Балалыкин С.Н., Журавлева Д.В., Ломаченков И.А., Нгуен Хоанг Бао Хань, Платонова Л.В., Смирнов О.А., Строганова Т.Г., Строковская Т.Е.		
ЛФВЭ	Воронцова Н.И., Голубева Е.И., Клыгина К.В., Лашманов Н.А., Лыонг Ба Винь, Мерц С.П., Осмачко М.П., Понкин Д.О., Семчуков П.Д., Сидорин А.О., Сидоров Н.Е., Ярыгин Г.А.		
ЛТФ	Гнатич М., Казаков Д.И.		
ЛРБ	Бугай А.Н., Кошлань И.В., Насонова Е.А.		
ЛЯП	Наумов Д.В., Рожков В.А., Ширченко М.В.		
ЛНФ	Федоров Н.А.		

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проблема подготовки инженерных кадров является общей не только для России, но и других стран партнёров ОИЯИ. Для решения этой задачи предполагается обновление учебных программ и разработка новых учебно-методических комплексов.

Повышение уровня физического и инженерного образования невозможно без включения в курсы физики сведений о современной картине мира, примеров развития новых технологий на стыке физики, химии, биологии, радиобиологии и астрофизики. ОИЯИ как международных междисциплинарный научный центр обладает для этого всеми возможностями.

В рамках проекта (активности) планируется создание новых учебных программ и учебников для изучения физики на базовом и углублённом (нацеленном на подготовку будущих инженеров) уровнях основного общего (7–9 кл.) и среднего общего (10–11 кл.) образования.

Учитывая, что физика является экспериментальной наукой, в рамках предлагаемого проекта (активности) будет разработан современный практикум с большим количеством лабораторных и практических работ, направленных на развитие у обучающихся навыков исследовательской и инженерной деятельности.

Ключевой компонентой, входящей в УМК, является сайт поддержки с электронным форматом учебников, медиатекой электронных образовательных ресурсов для учащихся, а также различными методическими материалами для учителя.

Цели активности:
– повысить интерес к изучению физики и инженерной деятельности у школьников, и как результат – повысить уровень знаний физики для продолжения обучения в технических ВУЗах и университетах;

– разработать материалы для методической поддержки учителей физики по внедрению новых учебно-методических комплексов в учебный процесс;

– принять участие совместно с Российской Академией наук в разработке и внедрении в школы единого государственного учебника;

– провести экспертизу созданных УМК в рамках экспертных процедур РАН и учительского сообщества;

– внедрить результаты проекта в образовательные программы по изучению физики в школах и университетах стран партнёров ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание четырёх учебно-методических комплексов для изучения физики на базовом и углублённом (нацеленном на подготовку будущих инженеров) уровнях основного общего (7–9 кл.) и среднего общего (10–11 кл.) образования:

- «Физика 7–9. Базовый уровень»;
- «Физика 7–9. Инженеры будущего»;
- «Физика 10–11. Базовый уровень»;
- «Физика 10–11. Инженеры будущего».

Разработка для российской школы современного лабораторного практикума, в том числе и с использованием ИКТ, и издание соответствующего учебного пособия для учителей.

Внедрение результатов проекта в РФ и заинтересованных странах. Создание информационной среды для учительского сообщества для использования результатов проекта.

Ожидаемые результаты активности в текущем году:
Разработка концепции учебно-методических комплексов для изучения физики на базовом уровне основного общего и среднего общего уровней образования.

Подготовка рукописи единого государственного учебника по физике для основного общего образования на базовом уровне (7–9 кл.).

Подготовка рукописи единого государственного учебника по физике для среднего общего образования на базовом уровне (10–11 кл.).

Проведение экспертизы учебников в экспертном совете РАН и образовательном сообществе. Подготовка рукописей к изданию в издательстве «Просвещение».

Развитие сайта поддержки УМК «Физика 7–9. Инженеры будущего».

Разработка лабораторных, исследовательских и практических работ для физического практикума с использованием информационно-коммуникационных технологий и смартфоники.

Разработка медиаресурсов на английском языке или на других языках для изучения физики в школе в странах-партнёрах ОИЯИ.

Сотрудничество по теме 1139

Страна или МО	Город, регион	Институт
Азербайджан	Баку, BA	ИФ
Армения	Ереван, ER	ЕГУ
Беларусь	Гомель, HO	ГГУ
	Минск, MI	БГТУ
		НИИ ЯП БГУ
Болгария	София, SOF	INRNE BAS
		SU
Вьетнам	Далат, LD	DNRI
	Ханой, HN	IOP VAST
Египет	Каир, C	ASRT
		EAEA
Казахстан	Алма-Ата, ALA	КазНУ
	Астана, AST	ЕНУ

Страна или МО	Город, регион	Институт
	Усть-Каменогорск, VOS	ВКУ
Куба	Гавана, HAV	ASC
Монголия	Улан-Батор, ULN	MNUE
		NUM
Россия	Архангельск, ARK	САФУ
		СГМУ
	Белгород, BEL	БелГУ
	Владивосток, PRI	ДВФУ
	Владикавказ, SE	СОГУ
	Воронеж, VOR	ВГУ
	Грозный, CE	ЧГУ
	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"
	Екатеринбург, SVE	УрФУ
	Иваново, IVA	ИвГУ
	Иркутск, IRK	ИГУ
	Казань, TA	КФУ
	Кострома, KOS	КГУ
	Краснодар, KDA	КубГУ
	Москва, MOW	ВШЭ
		МГТУ
		МГУ
		МИФИ
		МЭИ
		РУДН
	Новочеркасск, ROS	ЮРГПУ НПИ
	Петропавловск-Камчатский, KAM	КамГУ
	Самара, SAM	СНИУ
	Санкт-Петербург, SPE	СПбГУ
		СПбПУ
	Смоленск, SMO	СмолГУ
	Томск, TOM	ТГУ
		ТПУ
	Тула, TUL	ТулГУ
	Якутск, SA	СВФУ
	Ярославль, YAR	ЯрГУ
Сербия	Нови-Сад, VO	UNS
	Сремска Каменица, VO	Educons Univ.
Тунис	Тунис, TUN	АААЭ
Узбекистан	Самарканд, SA	СамГУ
	Ташкент, TK	АН РУз
		ТашГТУ

Страна или МО	Город, регион	Институт
ЮАР	Белвилл, WC	UWC
	Кейптаун, WC	iThemba LABS
	Претория, GT	UNISA
	Стелленбос, WC	SU

09-3-1117-2014

DIAS-TH
Дубненская международная школа современной теоретической физики

Руководители темы: Колганова Е.А.
Пироженко И.Г.

Участвующие страны и международные организации:
Армения, Россия, Сербия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Дубненская международная школа современной теоретической физики – это научно-образовательный и просветительский проект, нацеленный на подготовку студентов старших курсов, аспирантов и молодых ученых по темам актуальных исследований Лаборатории теоретической физики, по приоритетным научным направлениям исследований ОИЯИ и современным направлениям физики. Кроме того, проект ставит перед собой задачи расширения международного сотрудничества и привлечения молодых ученых из России и стран-участниц в ОИЯИ.

Проект по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**DIAS-TH Дубненская международная школа современной теоретической физики**	**Колганова Е.А. Пироженко И.Г.**	09-3-1117-1-2024/2028

ЛТФ Антоненко Н.В., Баушев А.Н., Гнатич М., Давыдов Е.А., Джиоев А.А., Джолос Р.В., Журавлев В.И., Исаев А.П., Иванов М.А., Калагов Г.А., Катков В.Л., Клименко О.П., Колганова Е.А., Коломейцев Е.Э., Лебедев Н.М., Мижишин Л., Мусаев Э.Т., Осипов В.А., Савина М.В., Сидоров С.С., Соловцова О.П., Теряев О.В., Третьяков П.В., 4 студента

ЛИТ Калиновский Ю.Л., Кореньков В.В., Шматов С.В.

ЛНФ Аксенов В.Л.

ЛФВЭ Кекелидзе В.Д.

ЛЯП Бедняков В.А., Наумов Д.В.

ЛЯР Деникин А.С., Оганесян Ю.Ц.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Дубненская международная школа современной теоретической физики – это научно-образовательный и просветительский проект, действующий в Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова с 2003 года.

Проект нацелен, во-первых, на подготовку студентов старших курсов, аспирантов и молодых ученых по темам актуальных исследований Лаборатории теоретической физики, по приоритетным научным направлениям исследований ОИЯИ и современным направлениям физики. С этой целью регулярно проводятся школы разного уровня для студентов, аспирантов и молодых ученых из стран-членов ОИЯИ и других стран, публикуются лекции. Кроме того, организуются обзорные лекции по проблемам современной физики для сотрудников ОИЯИ. Для чтения лекций привлекаются как сотрудники лабораторий ОИЯИ, так и всемирно признанные ученые из российских и зарубежных научных центров. Лекции ведущих мировых экспертов, прочитанные на школах DIAS-TH, способствуют возникновению в ЛТФ и ОИЯИ новых направления исследований. В рамках проекта проводится углубленная подготовка в области современной теоретической и математической физики. Для этого участники проекта сотрудничают с УНЦ ОИЯИ, а также с базовыми кафедрами ОИЯИ в Университете «Дубна», МФТИ, МГУ.

Во-вторых, проект ставит перед собой просветительские задачи, а именно: информирование школьников и людей, не занимающихся наукой профессионально, о достижениях современной теоретической физики, в частности, об актуальных исследованиях ЛТФ. Кроме того, одной из задач проекта является создание привлекательного образа ЛТФ и стимулирование молодых ученых к сотрудничеству с ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
В рамках проекта «Дубненская международная школа современной теоретической физики» предполагается:
– организация регулярных школ по приоритетной тематике ОИЯИ и современным научным направлениям для школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых из стран-членов ОИЯИ и других стран;

– организация циклов обзорных лекций по проблемам современной физики для сотрудников ОИЯИ;

– сотрудничество с российскими и зарубежными научными организациями, высшими учебными заведениями в образовательной и просветительской деятельности;

– участие в организации учебного процесса на базовых кафедрах ОИЯИ в МГУ, МИФИ, МФТИ, Университете «Дубна» совместно с УНЦ ОИЯИ;

– организация школ для студентов, аспирантов и молодых ученых совместно с МФТИ, Ереванским физическим институтом, и др.; участие в международных научно-образовательных проектах.

В просветительской деятельности:
– сотрудничество с другими проектами, популяризирующими научное знание, такими как Пост Наука;

– сотрудничество с российскими фондами (РНФ, Федеральные целевые программы) и международными фондами при организации и проведении международных школ для студентов, аспирантов и молодых ученых.

Поддержка web-сайта DIAS-TH; обеспечение видеотрансляции лекций; видеозапись лекций, поддержка цифрового архива DIAS-TH.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Организация в ЛТФ школ по теоретической физике для студентов, аспирантов и молодых ученых:

– Зимняя школа ДИАС (Председатель организационного комитета – И.Г. Пироженко);
– Международная летняя школа “Передовые методы современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы” (Председатель организационного комитета – М. Гнатич).

Организация лекций/ дискуссий и регулярных семинаров для студентов, аспирантов и молодых ученых ОИЯИ.

Видео-запись и обработка лекций, поддержка цифрового архива лекций, поддержка web-сайта DIAS-TH.

Сотрудничество по теме 1117

Страна или МО	Город, регион	Институт
Армения	Ереван, ER	ННЛА
Россия	Долгопрудный, MOS	МФТИ
	Казань, TA	КФУ
	Москва, MOW	ВШЭ
		ГАИШ МГУ
		ИТЭФ
		МГУ
		МИАН
		НИИЯФ МГУ
		ФИАН
	Новосибирск, NVS	НГУ
	Протвино, MOS	ИФВЭ
	Санкт-Петербург, SPE	ПОМИ РАН
		СПбГУ
	Саратов, SAR	СГУ
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН
	Черноголовка, MOS	ИТФ РАН
Сербия	Ниш, NI	Ун-т

Алфавитный указатель: международное сотрудничество

Австралия

Канберра, ACT

ANU (Австралийский национальный университет | Australian National University | http://www.anu.edu.au/)

1131, 1137

Мельбурн, VIC

Monash | Университет Монаша | Monash University | https://www.monash.edu/

1144

Перт, WA

UWA (Университет Западной Австралии | University of Western Australia | http://www.uwa.edu.au/)

1138

Сидней, NSW

USYD (Сиднейский университет | University of Sydney | http://sydney.edu.au/)

1137, 1138

Австрия

Вена, VIE

HEPHY (Институт физики высоких энергий Австрийской академии наук | Institute of High Energy Physics of the Austrian Academy of Sciences | https://www.oeaw.ac.at/hephy/)

1083

SMI (Институт субатомной физики им. Стефана Мейера Австрийской академии наук | Stefan Meyer Institute for Subatomic Physics of the Austrian Academy of Sciences | https://www.oeaw.ac.at/smi/home/)

1088

Азербайджан

Баку, BA

АДА /ADA/ (Университет АДА | ADA University | https://www.ada.edu.az/)

1118

АзТУ /AzTU/ (Азербайджанский технический университет | Azerbaijan Technical University | http://aztu.edu.az/)

1149-2

БГУ /BSU/ (Бакинский государственный университет | Baku State University | http://bsu.edu.az/)

1146

ИГГ /IGG/ (Институт геологии и геофизики Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики | Institute of Geology and Geophysics | http://gia.az/)

1146

ИРП /IRP/ (Институт Радиационных Проблем Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики | Institute of Radiation Problems of Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan | http://radiation.gov.az/

1066, 1100, 1126, 1127, 1146, 1151

ИФ /IP/ (Институт физики им. Г. М. Абдуллаева Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики | Institute of Physics named after H.M. Abdullayev of Ministry of Science and Education of Republic of Azerbaijan | http://physics.gov.az/)

1081, 1118, 1119, 1139, 1149-2, 1151

МОМ | Национальный центр онкологии Министерства Здравоохранения Азербайджанской Республики | National Cancer Center of Azerbaijan | http://mom.gov.az/

1127

НЦЯИ /NNRC/ (Закрытое Акционерное Общество "Национальный центр ядерных исследований" Министерства цифрового развития и транспорта | CJSC National Nuclear Research Center of Ministry of Digital Development and Transportation of the Republic of Azerbaijan | https://mincom.gov.az/)

1065, 1088

Хазар Ун-т /Khazar Univ./ (Университет Хазар | Khazar University | http://www.khazar.org/)

1077

Албания

Тирана, TIA

UT (Тиранский университет | University of Tirana | http://www.unitir.edu.al/)

1146

Алжир

Сетиф, QSF

UFAS1 (Университет 1 им. Ферхата Аббаса | Setif 1 University Ferhat Abbas | https://www.univ-setif.dz/)

1136

Аргентина

Барилоче, RN

CAB CNEA (Атомный центр Барилоче Национальной комиссии по атомной энергии | Bariloche Atomic Centre of the National Atomic Energy Commission | https://www.argentina.gob.ar/cnea/)

1149-4

Армения

Аштарак, AG

ИРЭ НАН РА /IRE NAS RA/ (Институт радиофизики и электроники Национальной академии наук Республики Армения | Institute of Radiophysics and Electronics of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia | http://www.irphe.am)

1138

ИФИ НАН РА /IPR NAS RA/ (Институт физических исследований Национальной академии наук Республики Армения | Institute for Physical Research of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia | http://www.ipr.sci.am/)

1138

Гюмри, SH

ИГИС НАН РА /IGES NAS RA/ (Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова Национальной академии наук Республики Армения | Institute of Geophysics and Engineering Seismology after A. Nazarov of the National Academy of Sciences of Republic Armenia | http://iges.am/)

1126

Ереван, ER

CANDLE SRI | Институт синхротронных исследований "Центр продвижения естественных открытий с использованием светового излучения" | Center for the Advancement of Natural Discoveries using Light Emission - Synchrotron Research Institute | http://candle.am/ru/

1107

ЕГУ /YSU/ (Ереванский государственный университет | Yerevan State University | http://www.ysu.am/)

1037, 1077, 1087, 1107, 1119, 1131, 1136, 1137, 1138, 1139, 1147, 1150

ИМБ НАН РА /IMB NAS RA/ (Институт молекулярной биологии Национальной академии наук Республики Армения | Institute of Molecular Biology of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia | http://imb.am/)

1131

ИПИА НАН РА /IIAP NAS RA/ (Институт проблем информатики и автоматизации Национальной академии наук Республики Армения | Institute for Informatics and Automation Problems of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia | http://iiap.sci.am/)

1118

ИППФ НАН РА /IAPP NAS RA/ (Государственная некоммерческая организация Институт прикладных проблем физики Национальной Академии Наук Республики Армении | Institute of Applied Problems of Physics of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia | https://www.iapp.am/)

1150

НИЦИКН /SRCHCH/ (Государственная некоммерческая организация "Научно-исследовательский центр историко-культурного наследия Министерства Образования, Науки, Культуры и Спорта Республики Армения" | SNCO "Scientific Research Center of the Historical and Cultural Heritage of the Ministry of Education, Science, Culture and Sport of the Republic of Armenia" | https://armheritage.am/)

1146, 1149-2

ННЛА /AANL/ (Национальная лаборатория им. А. Алиханяна | A. Alikhanian National Laboratory | https://www.aanl.am/)

1037, 1065, 1066, 1077, 1081, 1083, 1087, 1088, 1107, 1117, 1119, 1137, 1138, 1149-2

РАУ /RAU/ (Российско-Армянский университет | Russian-Armenian University | http://www.rau.am/)

1077, 1118, 1136

Бангладеш

Пабна, Ra

PUST | Университет науки и технологий Пабны | Pabna University of Science and Technology | https://pust.ac.bd/

1146

Беларусь

Гомель, HO

ГГТУ /GSTU/ (Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого" | EI "Pavel Sukhoi State Technical University of Gomel" | http://www.gstu.by/)

1081, 1086, 1135, 1136

ГГУ /GSU/ (Учреждение образования “Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины” | EI "Francisk Skorina Gomel State University" | http://gsu.by/)

1081, 1086, 1119, 1135, 1139

ИРБ НАНБ /IRB NASB/ (Государственное научное учреждение “Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси” | SSI "Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://www.irb.basnet.by/)

1077, 1146

Минск, MI

АркоЛаб /ArcoLab/ Общество с ограниченной ответственностью "АркоЛаб" | LLC "ArcoLab" | https://arcolab.by/

1107

БГТУ /BSTU/ (Учреждение образования “Белорусский государственный технологический университет” | EI "Belarusian State Technological University" | http://www.belstu.by/)

1139, 1149-2

БГУ /BSU/ (Учреждение образования “Белорусский государственный университет” | EI "Belarusian State University" | http://www.bsu.by/)

1065, 1107, 1131, 1144, 1146

БГУИР /BSUIR/ (Учреждение образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники” | EI "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics" | http://www.bsuir.by/)

1086, 1147

ИБиКИ /IBCE NASB/ (Государственное научное учреждение "Институт биофизики и клеточной инженерии" Национальной академии наук Беларуси | SSI "Institute of Biophysics and Cell Engineering NAS of Belarus" | https://ibce.by/)

1077, 1147

ИМ НАНБ /IM NASB/ (Государственное научное учреждение “Институт математики Национальной академии наук Беларуси” | SSI "Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://im.bas-net.by/)

1119, 1137

Ин-т физиологии НАНБ /Inst. Physiology NASB/ (Государственное научное учреждение “Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси | SSI "Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://physiology.by/)

1077

ИОНХ НАНБ /IGIC NASB/ | Государственное научное учреждение "Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси" | SSI "Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Belarus" | https://www.igic.bas-net.by/

1146

ИПФ НАНБ /IAP NASB/ (Государственное научное учреждение “Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси” | SSI “Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://iaph.bas-net.by/)

1081, 1086
ИТМО НАНБ /HMTI NASB/ (Государственное научное учреждение “Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси” | SSI "A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://www.itmo.by/)

1146
ИФ НАНБ /IP NASB/ (Государственное научное учреждение “Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси” | SSI "B.I. Stepanov Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://ifan.basnet.by/)

1065, 1081, 1086, 1118, 1119, 1135, 1136, 1137, 1144, 1151
ИЭ НАНБ /IE NASB/ (Республиканское научно-производственное унитарное предприятие "Институт энергетики Национальной академии наук Беларуси" | RSPUE "Institute of Power Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://ipe.by)

1065, 1130, 1151
ИЭБ НАНБ /IEB NASB/ (Государственное научное учреждение "Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси" | SSI "V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus" | https://botany.by/

1146
НИИ ФХП БГУ /RI PCP BSU/ (Учреждение Белорусского государственного университета “Научно-исследовательский институт физико-химических проблем” | Research Institute for Physical Chemical Problems of the Belarusian State University | http://fhp.bsu.by/)

1146, 1149-2, A004
НИИ ЯП БГУ /INP BSU/ (Научно-исследовательское учреждение “Институт ядерных проблем” Белорусского государственного университета | Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University | http://www.inp.bsu.by/)

1065, 1077, 1081, 1085, 1087, 1097, 1107, 1118, 1119, 1126, 1139, 1144, 1149-3, 1150, 1151
НПЦ НАНБ /SPMRC NASB/ (Государственное научно-производственное объединение “Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению” | SSPA "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Materials Science" | https://physics.by/)

1077, 1146, 1149-2
ОИПИ НАНБ /UIIP NASB/ (Государственное научное учреждение "Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси" | SSI "The United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://www.uiip.bas-net.by/)

1118
ОИЭЯИ-Сосны НАНБ /JIPNR-Sosny NASB/ (Государственное научное учреждение “Объединенный институт энергетических и ядерных исследований - Сосны” Национальной академии наук Беларуси | SSI "Joint Institute for Power and Nuclear Research - Sosny" of the National Academy of Sciences of Belarus | http://sosny.bas-net.by/)

1065, 1107, 1118, 1135
СОЛ инструментс /SOL instruments/ Общество с Ограниченной Ответственностью "SOL instruments" | LLC "SOL instruments" | https://solinstruments.by/)

1147
ФТИ НАНБ /PTI NASB/ (Государственное научное учреждение “Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси” | SSI "Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://www.phti.by/)

1065
ЦГМ НАНБ/CGM NASB/ (Государственное учреждение "Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси" | GA "Center for geophysical monitoring of National Academy of Sciences of Belarus" | https://cgm.by/

1126

Хойники, HO
ПГРЭЗ /PSRER/ (Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение "Полесский государственный радиационно-экологический заповедник" | SNCRI "Polesie State Radiation and Ecological Reserve" | https://zapovednik.by/)

1146

Бельгия

Антверпен, VAN
UAntwerp (Антверпенский университет | University of Antwerp | http://www.uantwerpen.be/)

1083

Брюссель, BRU
ULB (Брюссельский свободный университет | Université Libre de Bruxelles | http://www.ulb.be/

1083, 1136
VUB (Брюссельский свободный университет | Vrije Universiteit Brussel | http://www.vub.ac.be/)

1083

Гент, VOV
UGENT (Гентский университет | Ghent University | http://www.ugent.be/)

1083, 1099

Лёвен, VBR
KU Leuven (Лёвенский католический университет | Catholic University of Leuven | http://www.kuleuven.be/)

1083, 1100

Лувен-ля-Нёв, WBR
UCL (Лувенский католический университет | Catholic University of Louvain | http://uclouvain.be/)

1083, 1096, 1136

Монс, WHT
UMONS (Университет в Монсе | University of Mons | http://web.umons.ac.be/)

1083

Болгария*

Благоевград, BLG

AUBG (Американский университет в Болгарии | American University in Bulgaria | http://www.aubg.edu/)

1087

SWU (Юго-западный университет им. Неофита Рильского | South-West University "Neofit Rilski" | http://www.swu.bg/)

1096

Пловдив, PLD

MUP | Пловдивский медицинский университет | Medical University of Plovdiv | https://mu-plovdiv.bg/)

1065, 1107

PU (Пловдивский университет им. Паисия Хилендарского | Plovdiv University “Paisii Hilendarski” | https://uni-plovdiv.bg/)

1065, 1096, 1100, 1146

UFT (Университет пищевых технологий Пловдив | University of Food Technologies Plovdiv | http://uft-plovdiv.bg/)

1146

София, SOF

IAPS (Институт передовых физических исследований | Institute for Advanced Physical Studies | http://iaps.institute/)

1088

IE BAS (Институт электроники им. академика Эмила Джакова Болгарской академии наук | Academician Emil Djakov Institute of Electronics of the Bulgarian Academy of Sciences | https://www.ie-bas.org/)

1077, 1146, 1149-2

IEES BAS (Институт электрохимии и энергетических систем им. академика Евгения Будевского Болгарской Академии наук | Institute of Electrochemistry and Energy Systems “Academic Evgeni Budevski” of the Bulgarian Academy of Sciences | http://iees.bas.bg/)

1149-2

IMech BAS (Институт механики Болгарской академии наук | Institute of Mechanics of the Bulgarian Academy of Sciences | http://www.imbm.bas.bg/)

1065, 1077, 1137

INRNE BAS (Институт ядерных исследований и ядерной энергетики Болгарской академии наук | Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy of the Bulgarian Academy of Sciences | http://www.inrne.bas.bg/)

1066, 1083, 1087, 1100, 1118, 1126, 1127, 1135, 1136, 1138, 1139, 1146, 1149-2

Inst. Microbiology (Институт микробиологии им. Стефана Ангелова Болгарской академии наук | Stephan Angeloff Institute of Microbiology of the Bulgarian Academy of Sciences | http://microbio.bas.bg/)

1077, 1087

ISSP BAS (Институт физики твердого тела им. академика Георги Наджакова Болгарской академии наук | Georgi Nadjakov Institute of Solid State Physics of the Bulgarian Academy of Sciences | http://www.issp.bas.bg/)

1137, 1149-2

NBU (Новый болгарский университет | New Bulgarian University | http://www.nbu.bg/)

1136

NCRRP (Национальный центр радиобиологии и радиационной защиты | National Centre of Radiobiology and Radiation Protection | http://ncrrp.org/)

1077

SU (Софийский университет им. Св. Климента Охридского | Sofia University “St.Kliment Ohridski” | http://www.uni-sofia.bg/)

1037, 1066, 1081, 1083, 1087, 1088, 1096, 1118, 1119, 1138, 1139

UCTM (Химико-технологический и металлургический университет | University of Chemical Technology and Metallurgy | https://uctm.edu/en/)

1097, 1149-2

Бразилия

Жуис-ди-Фора, MG

UFJF (Федеральный университет в Жуис-ди-Форы | Federal University of Juiz de Fora | http://www2.ufjf.br/)

1138

Итабуна, BA

UFSB (Федеральный университет Юго-Западной Баии | Federal University of Southern Bahia | https://ufsb.edu.br/)

1146

Кампинас, SP

UNICAMP (Кампинасский государственный университет | State University at Campinas | http://www.unicamp.br/)

1088

Натал, RN

IIP UFRN (Национальный институт физики Федерального университета Риу-Гранди ду Норте | International Institute of Physics of the Federal University of Rio Grande do Norte | http://www.iip.ufrn.br/)

1137

Нитерой, RJ

UFF (Федеральный университет Флуминенсе | Federal Fluminense University | http://www.uff.br/)

1130, 1136

Порту-Алегри, RS

UFRGS (Федеральный университет Риу-Гранди-ду-Сул | Federal University of Rio Grande de Sul | http://www.ufrgs.br/)

1088

Рио-де-Жанейро, RJ

CBPF (Бразильский центр исследований в области физики | Brazilian Center for Physics Research | https://www.gov.br/cbpf/pt-br)

1083

UERJ (Государственный университет Рио-де-Жанейро | State University of Rio de Janeiro | https://www.uerj.br/)

1083

Сан-Жозе-дус-Кампус, SP

ITA (Технологический институт аэронавтики | Technological Institute of Aeronautics | http://www.ita.br)

1136

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

Сан-Паулу, SP
UEP (Отдел профессионального образования в Санта-Каса-де-Сан-Паулу | Unit of Professional Education Santa Casa de São Paulo | http://www.santacasasp.org.br/)

1136
Unesp (Государственный университет Сан-Паулу | São Paulo State University | https://www.international.unesp.br/)

1083
USP (Университет Сан-Паулу | University of São Paulo | http://www5.usp.br/)

1088, 1137, 1138

Санту-Андре, SP
UFABC (Федеральный университет ABC | Federal University of ABC | http://www.ufabc.edu.br/)

1088, 1138

Флорианополис, SC
UFSC (Федеральный университет Санта-Катарины | Federal University of Santa Catarina | http://ufsc.br/)

1136

Великобритания

Бирмингем, BIR
Ун-т /Univ./ (Бирмингемский университет | University of Birmingham | http://www.birmingham.ac.uk/)

1088, 1096

Бристоль, BST
Ун-т /Univ./ (Бристольский университет | University of Bristol | https://www.bristol.ac.uk/)

1083, 1096

Гилфорд, SRY
Ун-т /Univ./ (Университет Суррея | University of Surrey | http://www.surrey.ac.uk/)

1136

Глазго, GLG
U of G (Университет Глазго | University of Glasgow | http://www.gla.ac.uk/)

1085, 1096, 1097, 1138

Дарем, DUR
Ун-т /Univ./ (Даремский университет | Durham University | http://www.dur.ac.uk/)

1138

Дарсбери, CHS
DL STFC (Дарсберийская лаборатория Совета по науке и технологиям | Daresbury Laboratory of Science and Technology Facilities Council | https://www.ukri.org/who-we-are/stfc/facilities/daresbury-laboratory/)

1088

Дерби, DBY
Ун-т /Univ./ (Университет Дерби | University of Derby | https://www.derby.ac.uk/)

1088

Дидкот, OXF
RAL STFC (Лаборатория Резерфорда - Эплтона Совета по науке и технологиям | Rutherford Appleton Laboratory of Science and Technology Facilities Council | https://www.ukri.org/who-we-are/stfc/facilities/rutherford-appleton-laboratory/)

1083

Кембридж, CAM
Ун-т /Univ./ (Кембриджский университет | University of Cambridge | http://www.cam.ac.uk/)

1138

Кентербери, KEN
UKC (Университет графства Кент | University of Kent | http://www.kent.ac.uk/)

1138

Ковентри, WMD
Warwick (Уорикский университет | University of Warwick | https://warwick.ac.uk/)

1137

Ланкастер, LAN
LU (Ланкастерский университет | Lancaster University | http://www.lancaster.ac.uk/)

1096

Ливерпуль, MSY
UOL (Ливерпульский университет | University of Liverpool | http://www.liv.ac.uk/)

1088, 1135

Лондон, LND
IMPERIAL (Имперский колледж Лондон | Imperial College London | http://www.imperial.ac.uk/)

1083, 1099, 1100, 1135, 1138, 1144
QMUL (Лондонский университет королевы Марии | Queen Mary of the University of London | http://www.qmul.ac.uk/)

1099
UCL (Университетский колледж Лондона | University College London | http://www.ucl.ac.uk/)

1099

Оксфорд, OXF
Ун-т /Univ./ (Оксфордский университет | University of Oxford | http://www.ox.ac.uk/)

1119

Венгрия

Будапешт, BUD
EK-CER (Центр энергетических исследований Венгерской исследовательской сети научных центров | Center for Energy Research of HUN-REN | https://www.ek.hun-ren.hu)

1149-2
RKK OU (Факультет лёгкой промышленности и охраны окружающей среды им. Рейто Шандора Обудского Университета | Rejto Sándor Faculty of Light Industry and Environmental Engineering of the Obuda University | http://rkk.uni-obuda.hu/)

1146
Wigner RCP RMI (Институт физики частиц и ядерной физики Исследовательского центра физики им. Вигнера Венгерской исследовательской сети научных центров | Institute for Particle and Nuclear Physics of Wigner Research Centre for Physics of HUN-REN | https://wigner.hu/en/)

1083, 1088, 1136, 1149-2, 1149-3, 1149-4

Дебрецен, DEB
ATOMKI (Институт ядерных исследований Венгерской академии наук | Institute for Nuclear Research of HUN-REN | http://www.atomki.hu/)

1083, 1136
UD (Дебреценский университет | University of Debrecen | https://unideb.hu/en)

1083

Вьетнам

Далат, LD
DNRI (Институт ядерных исследований Далата | Dalat Nuclear Research Institute | https://nri.gov.vn/en)

1066, 1139, 1146

Дананг, DN
DTU (Дюй Тан университет | Duy Tan University | https://duytan.edu.vn/)

1149-2

Ханой, HN
EAUT | Восточноазиатский технологический университет | East Asia University of Technology | https://eaut.edu.vn/en/

1137
HUST | Ханойский университет науки и технологий | Hanoi University of Science and Technology | https://hust.edu.vn/en/

1129
IMS VAST (Институт материаловедения Вьетнамской академии наук и технологий | Institute of Material Science of the Vietnam Academy of Science and Technology | https://ims.ac.vn/)

1077, 1131, 1147
INPC VAST (Институт химии природных продуктов Вьетнамской академии наук и технологий | Institute of Natural Products Chemistry of the Vietnam Academy of Science and Technology | https://inpc.ac.vn/)

1077
IOP VAST (Институт физики Вьетнамской академии наук и технологий | Institute of Physics of the Vietnam Academy of Science and Technology | https://iop.vast.vn/?lang=en)

1100, 1129, 1130, 1135, 1137, 1139, 1146, 1147, 1149-2
VINATOM (Институт атомной энергии Вьетнама | Vietnam Atomic Energy Institute of the Ministry of Science and Technology | https://vinatom.gov.vn/en/)

1077
VNU (Вьетнамский национальный университет в Ханое | Vietnam National University Hanoi | http://www.vnu.edu.vn/)

1146

Хошимин, SG
CNT VINATOM (Центр ядерных технологий Института атомной энергии Вьетнама | Center for Nuclear Techniques, VINATOM | https://vinatom.gov.vn/en/)

1126, 1127
HCMUE (Хошиминский Государственный Педагогический Университет | Ho Chi Minh City University of Education | https://hcmue.edu.vn/en/)

1119, 1136
IFAS DTU | Институт фундаментальных и прикладных наук университета Дуй Тан | Institute of Fundamental and Applied Sciences of Duy Tan University | https://duytan.edu.vn/

1136, 1137
VLU | Университет Ван Ланга | Văn Lang University | https://www.vlu.edu.vn/en/

1137
VNUHCM (Вьетнамский национальный университет Хошимина | Vietnam National University Ho Chi Minh City | https://vnuhcm.edu.vn/)

1130, 1135

Германия*

Ахен, NRW
RWTH (Рейнско-Вестфальский технический университет Ахена | Rheinisch-Westfaelische Technische Aachen University | http://www.rwth-aachen.de/)

1083, 1099

Берлин, BE
HZB (Берлинский центр материалов и энергии Объединения имени Гельмгольца | Helmholtz Berlin Centre for Materials and Energy of the Helmholtz Association | https://www.helmholtz-berlin.de/index_en.html)

1136

Билефельд, NRW
Ун-т /Univ./ (Билефельдский университет | Bielefeld University | http://www.uni-bielefeld.de/)

1136

Бонн, NRW
UniBonn (Боннский университет | University of Bonn | http://www.uni-bonn.de/)

1085, 1088, 1096, 1126, 1136, 1138

Вормс, RP
ZTT (Центр технологий и трансфера Университета прикладных наук Вормса | Centre for Technology and Transfer of Worms University of Applied Sciences | https://www.hs-worms.de/)

1088

Гамбург, HH
DESY Helmholtz (Германский электронный синхротрон DESY Объединения имени Гельмгольца | Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY of the Helmholtz Association | http://www.desy.de/)

1083
UHH (Гамбургский университет | University of Hamburg | http://www.uni-hamburg.de/)

1083, 1099, 1135, 1136

Ганновер, NI
LUH (Ганноверский университет имени Готфрида Вильгельма Лейбница | Gottfried Wilhelm Leibniz University of Hannover | http://www.uni-hannover.de/)

1138

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

Гейдельберг, BW
MPIK (Институт ядерной физики Общества им. Макса Планка | Max Planck Institute for Nuclear Physics | http://www.mpi-hd.mpg.de/)

1100
Ун-т /Univ./ (Гейдельбергский университет | University of Heidelberg | http://www.uni-heidelberg.de/)

1088

Гисен, HE
JLU (Гисенский университет им. Юстуса Либиха | Justus Liebig University Giessen | http://www.uni-giessen.de/)

1136

Дармштадт, HE
GSI Helmholtz (Центр исследований тяжелых ионов имени Гельмгольца Объединения имени Гельмгольца | Helmholtz-Centre for the Study of Heavy Ions of the Helmholtz Association | http://www.gsi.de/)

1065, 1085, 1088, 1099, 1130, 1136
TU Darmstadt (Дармштадтский технический университет | Technical University Darmstadt | http://www.tu-darmstadt.de/)

1088, 1136

Дрезден, SN
HZDR (Центр имени Гельмгольца Дрезден-Россендорф Объединения имени Гельмгольца | Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf of the Helmholtz Association | http://www.hzdr.de/)

1136
TU Dresden (Дрезденский технический университет | Technical University of Dresden | http://tu-dresden.de/)

1136, 1144

Дюссельдорф, NRW
HHU (Дюссельдорфский университет им. Генриха Гейне | Heinrich Heine University Dusseldorf | https://www.hhu.de/)

1135

Зиген, NRW
Ун-т /Univ./ (Зигенский университет | University of Siegen | http://www.uni-siegen.de/)

1136

Карлсруэ, BW
KIT Helmholtz (Технологический институт Карлсруэ Объединения имени Гельмгольца | Karlsruhe Institute of Technology of the Helmholtz Association | http://www.kit.edu/)

1083

Кёльн, NRW
Ун-т /Univ./ (Кёльнский университет | University of Cologne | http://www.uni-koeln.de/)

1136

Лейпциг, SN
Ун-т /Univ./ (Лейпцигский университет | University of Leipzig | http://www.uni-leipzig.de/)

1136, 1137

Майнц, RP
JGU (Майнцкий университет им. Иоганна Гутенберга | Johannes Gutenberg University of Mainz | http://www.uni-mainz.de/)

1096, 1126, 1136, 1146

Мюнстер, NRW
Ун-т /Univ./ (Мюнстерский университет | University of Münster | http://www.uni-muenster.de/)

1088

Мюнхен, BY
LMU (Мюнхенский университет им. Людвига и Максимилиана | Ludwig-Maximilians University of Munich | https://www.lmu.de/en/)

1138
TUM (Мюнхенский технический университет | Technical University of Munich | https://www.tum.de/)

1085, 1088, 1100

Ольденбург, NI
IPO (Институт физики Ольденбургского университета | Institute of Physics of the Cari von Ossietzky University of Oldenburg | http://www.uol.de/en/physics/)

1138

Потсдам, BB
AEI (Институт гравитационной физики Общества Макса Планка (Институт им. Альберта Эйнштейна) | Max Planck Institute for Gravitational Physics (Albert Einstein Institute) | http://www.aei.mpg.de/)

1138

Регенсбург, BY
UR (Регенсбургский университет | University of Regensburg | http://www.uni-regensburg.de/)

1135

Росток, MV
Ун-т /Univ./ (Ростокский университет | University of Rostock | http://www.uni-rostock.de/)

1136

Тюбинген, BW
Ун-т /Uni Tubingen/ (Тюбингенский университет Эберхарда и Карла | Eberhard Karls University of Tübingen | http://uni-tuebingen.de/)

1088, 1099, 1100, 1135

Фрайберг, SN
TUBAF (Технический университет Фрайбергская горная академия | Technical University Bergakademie of Freiberg | http://tu-freiberg.de/)

1085

Франкфурт-на-Майне
FIAS (Франкфуртский институт передовых исследований | Frankfurt Institute for Advanced Studies | https://fias.institute./en/)

1088
GU (Франкфуртский университет им. Иоганна Вольфганга Гёте | Goethe University of Frankfurt on Main | https://www.goethe-university-frankfurt.de/)

1088, 1136

Цойтен, BB
PITZ DESY (Фотоинжекторная установка германского электронного синхротрона Объединения имени Гельмгольца в г. Цойтен | Photo Injector Test Facility of Deutsches Elektronen-Synchrotron of the Helmholtz Association (Zeuthen) | https://pitz.desy.de/)

1081, 1135

Эрланген, BY
FAU (Университет Эрлангена-Нюрнберга им. Фридриха-Александра | Friedrich Alexander University of Erlangen-Nuremberg | http://www.fau.eu/)

1136

Юлих, NRW
FZJ Helmholtz (Исследовательский центр Юлиха | Research Centre Jülich of the Helmholtz Association | http://www.fz-juelich.de/)

1065, 1149-4

Греция

Афины, ATH
INPP NCSR Demokritos (Институт ядерной физики и физики частиц Национального центра научных исследований "Демокрит" | Institute of Nuclear and Particle Physics of the National Centre for Scientific Research "Demokritos" | http://www.inp.demokritos.gr/)

1083, 1136, 1138
NKUA (Афинский национальный университет имени Каподистрии | National and Kapodistrian University of Athens | http://www.uoa.gr/)

1083, 1088, 1138
NTU (Афинский государственный технический университет | National Technical University of Athens | http://www.ntua.gr/)

1083

Янина, IOA
UoI (Университет Янина | University of Ioannina | https://uoi.gr/)

1083

Грузия

Тбилиси, TB
AIP TSU (Институт физики им. Элевтера Андроникашвили Тбилисского государственного университета им. Иване Джавахишвили | Elevter Andronikashvili Institute of Physics of the Ivane Javakhishvili Tbilisi State University | https://www.aiphysics.tsu.ge/index-e.html)

1146
GRENA (Ассоциация научно-образовательных компьютерных сетей Грузии | Georgian Research and Educational Networking Association | http://www.grena.ge/)

1118
GTU (Грузинский технический университет | Georgia Technical University | http://gtu.ge/)

1065, 1083, 1118, 1119, 1144
HEPI-TSU (Институт физики высоких энергий Тбилисского государственного университета им. Иванэ Джавахишвили | High Energy Physics Institute of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University | http://www.hepi.tsu.ge/)

1081, 1083, 1144
RMI TSU (Институт математики им. Андрея Размадзе Тбилисского государственного университета им. Иванэ Джавахишвили | Andrea Razmadze Mathematical Institute of the Ivane Javakhishvili Tbilisi State University | http://rmi.tsu.ge/)

1119
TSU (Тбилисский государственный университет им. Иванэ Джавахишвили | Ivane Javakhishvili Tbilisi State University | http://www.tsu.ge/)

1146
UG (Университет Грузии | University of Georgia | http://www.ug.edu.ge/)

1118, 1119, 1144

Дания

Копенгаген, CPH
NBI (Институт Нильса Бора Копенгагенского университета | Niles Bohr Institute of the University of Copenhagen | http://www.nbi.ku.dk/)

1088

Египет

Александрия, ALX
AU (Александрийский университет | Alexandria University | https://alexu.edu.eg/)

1086, 1146, 1149-2

Асуан, ASN
ASWU | Университет Асуана | Aswan University | http://www.aswu.edu.eg/

1132

Бени-Суэйф, BNS
BSU | Университет Бени-Суэф | Beni-Suef University | https://www.bsu.edu.eg/

1149-2

Гиза, GZ
CU (Каирский университет | Cairo University | http://cu.edu.eg/)

1119, 1136, 1137, 1146, 1149-2
ECTP MTI NU | Египетский центр теоретической физики Современного Университета технологий и информации (MTI), кампус Нильского университета | Egyptian Center for Theoretical Physics of Modern University for Technology and Information (MTI) at Nile University Campus | https://ippog.org/node/1008

1065
NILES CU (Национальный институт лазерных технологий Каирского университета | National Institute of Laser Enhanced Sciences of Cairo University | https://laser.cu.edu.eg/)

1066
NRC (Национальный исследовательский центр | National Research Centre | http://www.nrc.sci.eg/)

1146

Каир, C
ASRT (Академия научных исследований и технологий | Academy of Scientific Research and Technology | http://www.asrt.sci.eg/)

1037, 1118, 1127, 1139
ASU (Университет Айн-Шамс | Ain Shams University | http://www.asu.edu.eg/)

1149-2
AUC (Американский университет в Каире | American University in Cairo | https://www.aucegypt.edu/)

1066
EAEA (Египетское агентство по атомной энергии | Egyptian Atomic Energy Authority | http://www.eaea.org.eg/)

1139, 1146, 1149-2, 1149-3
FUE (Университет будущего в Египте | Future University in Egypt | https://www.fue.edu.eg/)

1136

Мадинат-эс-Садат, BH
USC (Университет Садат-Сити | University of Sadat City | https://usc.edu.eg)

1077

Нью-Борг-эль-Араб, ALX
GEBRI (Исследовательский институт генной инженерии и биотехнологий "Города научных исследований и технологических приложений - SRTA-City" | Genetic Engineering & Biotechnology Research Institute of the SRTA-City | http://srtacity.sci.eg/institutions/gebri/)

1132

Шибин-эль-Ком
MU (Университет Менуфии | Menoufia University | https://www.menofia.edu.eg/Home/en)

1146

Эль-Мансура, DK
MU (Университет Мансура | Mansoura University | http://www.mans.edu.eg/en/)

1146

Эль-Минья, MN
MU | Университет Миниа | Minia University | https://www.minia.edu.eg/Minia/home.aspx

1147

Эль-Шорук, C
BUE | Британский университет в Египте | The British University in Egypt | https://www.bue.edu.eg/

1138, 1146

Израиль

Иерусалим, JM
HUJI (Еврейский университет в Иерусалиме | Hebrew University of Jerusaliem | http://www.huji.ac.il/)

1138

Реховот, M
WIS (Институт Вейцмана | Weizmann Institute of Science | http://www.weizmann.ac.il/)

1081

Тель-Авив, TA
TAU (Тель-Авивский университет | Tel Aviv University | http://www.tau.ac.il/)

1085, 1086, 1138

Индия

Аиджал, MZ
MZU (Университет Мизорам | Mizoram University | https://www.mzuonline.in/)

1146

Алигарх, UP
AMU (Алигархский мусульманский университет | Aligarh Muslim University | http://www.amu.ac.in/)

1088

Бхубанешвар, OD
IOPB (Автономное исследовательское учреждение Департамента атомной энергии Институт физики, Бхубанешвар | Autonomous Research Institution of the Department of Atomic Energy Institute of Physics, Bhubaneswar | http://www.iopb.res.in/)

1088

Варанаси, UP
BHU (Бенаресский индуистский университет | Banaras Hindu University | http://www.bhu.ac.in/)

1146

Гувахати, AS
GU (Университет Гувахати | Gauhati University | https://gauhati.ac.in/)

1088

Джайпур, RJ
UoR (Университет Раджастана | University of Rajasthan | http://www.uniraj.ac.in/)

1087, 1088

Джамму, JK
JU (Университет Джамму | University of Jammu | http://www.jammuuniversity.ac.in/)

1066, 1088

Джатни, OD
NISER (Национальный институт науки, образования и исследований Департамента атомной энергии | National Institute of Science Education and Research of the Department of Atomic Energy | http://www.niser.ac.in/)

1083, 1088

Индор, MP
IIT Indore (Индийский институт технологий Индор | Indian Institute of Technology | https://www.iiti.ac.in/)

1088

Калькутта, WB
BNC (Национальный центр фундаментальных наук им. С.Н.Бозе при Департаменте науки и технологий | Autonomous Research Institute S.N.Bose National Centre for Basic Sciences under Department of Science and Technology | http://www.bose.res.in/)

1088
IACS (Индийская ассоциация развития науки | Indian Association for the Cultivation of Science | http://www.iacs.res.in/)

1135, 1137
SINP (Институт ядерной физики им. М. Саха Департамента по атомной энергии | Saha Institute of Nuclear Physics of the Department of Atomic Energy | http://www.saha.ac.in/)

1083, 1088
UC (Калькуттский университет | University of Calcutta | http://www.caluniv.ac.in/)

1086, 1088
VECC (Циклотронный центр с переменной энергией Департамента по атомной энергии | Variable Energy Cyclotron Centre of the Department of Atomic Energy | https://www.vecc.gov.in/)

1088, 1129, 1130

Касарагод, KL
CUK (Центральный университет Кералы Департамента по атомной энергии | Central University of Kerala of the Department of Atomic Energy | http://cukerala.ac.in/)

1136

Мадурай, TN
AC (Американский колледж | The American College | https://americancollege.edu.in/)

1087

Мумбаи, MH
BARC (Атомный исследовательский центр Бхабха Департамента по атомной энергии | Bhabha Atomic Research Centre of the Department of Atomic Energy | http://www.barc.gov.in/)

1083, 1087, 1088, 1129
IIT Bombay (Индийский институт технологий Бомбей | Indian Institute of Technology | https://www.iitb.ac.in/)

1088, 1144
TIFR (Институт фундаментальных исследований Тата Департамента по атомной энергии | Tata Institute of Fundamental Research of the Department of Atomic Energy | http://www.tifr.res.in/)

1083

Нью-Дели, DL
IUAC (Межвузовский ускорительный центр | Inter-University Accelerator Center | http://www.iuac.res.in/)

1136

Патна, BR
NIT Patna (Национальный технологический институт, Патна | National Institute of Technology Patna | http://www.nitp.ac.in/)

1149-2

Рупнагар, PB
IIT Ropar (Индийский технологический институт Ропар | Indian Institute of Technology Ropar | http://www.iitrpr.ac.in/)

1129, 1130

Рурки, UK
IIT Roorkee (Индийский технологический институт Рурки | Indian Institute of Technology Roorkee | https://www.iitr.ac.in/)

1130

Сунабеда, OD
CUO (Центральный университет Одиша | Central University of Odisha | https://cuo.ac.in/)

1135

Тирупати, AP
IISER (Индийский институт научного образования и исследований, Тирупати | Indian Institutes of Science Education and Research, Tirupati | https://www.iisertirupati.ac.in/)

1066

Чандигарх, CH
PU (Пенджабский университет | Panjab University | http://puchd.ac.in/)

1066, 1083, 1088, 1136

Ченнай, TN
IIT Madras | Индийский технологический институт Мадрас | Indian Institute of Technology Madras | http://www.iitm.ac.in/

1149-2

Эттимадаи, TN
Amrita Univ. (Амрита Вишва Видьяпитхам (Амрита Университет) | Amrita Vishwa Vidyapeetham (Amrita University) | https://www.amrita.edu/)

1135

Индонезия

Джакарта, JK
BRIN | Национальное агентство исследований и инноваций | The National Research and Innovation Agency | https://www.brin.go.id/en/

1088

Иран

Зенджан, JWN
IASBS (Институт перспективных исследований в области фундаментальных наук | Institute for Advanced Studies in Basic Sciences | http://iasbs.ac.ir/)

1136, 1137

Исфахан, IFN
UI (Университет г. Исфахан | University of Isfahan | https://ui.ac.ir)

1138

Тегеран, THR
FU (Университет Фархангиан | Farhangian University | https://cfu.ac.ir/en/)

1138
IPM (Институт исследований по теоретической физике и математике Института исследований в области фундаментальных наук | Institute for Studies in Theoretical Physics and Mathematics of the Institute for Research Fundamental Sciences | http://www.ipm.ac.ir/)

1083, 1135, 1138
UT (Тегеранский университет | University of Tehran | https://ut.ac.ir/en)

1135

Ирландия

Дублин, L
DIAS (Дублинский институт перспективных исследований | Dublin Institute for Advanced Studies | http://www.dias.ie/)

1138
UCD (Университетский колледж Дублина | University College Dublin | https://www.ucd.ie/)

1083

Испания

Барселона, CT
ICMAB-CSIC (Институт материаловедения Барселоны Высшего совета по научным исследованиям Испании | Institute of Materials Science of Barcelona of Spanish National Research Council | https://icmab.es/)

1149-2
IEEC-CSIC (Институт космических наук Высшего совета по научным исследованиям Испании | Institute of Space Science of Spanish National Research Council | http://www.ice.csic.es/)

1138
IFAE (Институт физики высоких энергий | Institute for High Energy Physics | http://www.ifae.es/)

1081

Бильбао, PV
UPV/EHU (Университет страны Басков | University of the Basque Country | http://www.ehu.eus/)

1138

Валенсия, V
IFIC-CSIC (Институт физики частиц Университета Валенсии и Высшего совета по научным исследованиям Испании | Institute for Particle Physics of the University of Valencia and Spanish National Research Council | https://webific.ific.uv.es/web/en)

1096, 1138

Вальядолид, CL
UVa (Вальядолидский университет | University of Valladolid | https://universityofvalladolid.uva.es/)

1138

Гранада, AN
UGR | Гранадский университет | University of Granada | https://www.ugr.es/en

1135

Лехона, PV
BCMaterials (Баскский центр по материалам, приложениям и наноструктурам | Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures | https://www.bcmaterials.net/)

1149-2

Мадрид, MD
CENIM-CSIC (Национальный центр металлургических исследований Высшего совета по научным исследованиям Испании | National Center for Metallurgical Research of Spanish National Research Council | http://www.cenim.csic.es/)

1149-2
CIEMAT (Исследовательский центр по энергетическим, экологическим и технологическим исследованиям | Centre for Energy, Environment and Technological Research | http://www.ciemat.es/)

1083
UAM (Мадридский автономный университет | Autonomous University of Madrid | http://www.uam.es/)

1083

Овьедо, AS
UO (Университет Овьедо | University of Oviedo | http://www.uniovi.es/)

1083

Пальма, IB
UIB (Университет Балеарских островов | University of the Balearic Islands | http://www.uib.cat/)

1136

Сантандер, CB
IFCA-CSIC (Институт физики Кантабрии Университета Кантабрии и Высшего совета по научным исследованиям Испании | Institute of Physics of Cantabria of the University of Cantabria and Spanish National Research Council | https://ifca.unican.es/en-us)

1083

Сантьяго-де-Компостела, GA
USC (Университет Сантьяго-де-Компостела | University of Santiago de Compostela | https://www.usc.gal/en)

1138

Италия

Алессандрия, AL
DiSIT UPO (Департамент науки и технологических инноваций Университета Восточного Пьемонта "Амедео Авогадро" | Department of Science and Technological Innovation of the University of Eastern Piedmont "Amedeo Avogadro" | https://www.disit.uniupo.it/en)

1088

Ассерджи, AQ
INFN LNGS (Национальная лаборатория Гран-Сассо Национального института ядерной физики | Gran Sasso National Laboratory of National Institute for Nuclear Physics | https://www.lngs.infn.it)

1100

Бари, BA
DIF | (Межуниверситетский департамент физики университета Бари и политехнического университета Бари | Interuniversity Department of Physics University of Bari and Polytechnic University of Bari | https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/fisica)

1088
INFN Bari (Национальный институт ядерной физики, отделение Бари | National Institute for Nuclear Physics, Section of Bari | http://www.ba.infn.it/)

1083, 1088
Poliba (Политехнический университет Бари | Polytechnic University of Bari | http://www.en.poliba.it/)

1088

Болонья, BO
INFN Bologna (Национальный институт ядерной физики, отделение Болоньи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Bologna | http://www.bo.infn.it/)

1083, 1088, 1096
UniBo (Болонский университет | University of Bologna | http://www.unibo.it/)

1088, 1135

Брешия, BS
UNIBS (Университет Брешии | University of Brescia | https://en.unibs.it/)

1088

Верчелли, VC
UPO (Университет Восточный Пьемонт "Амедео Авогадро" | University of Eastern Piedmont "Amedeo Avogadro" | http://www.unipmn.it/)

1088

Витербо, VT
UNITUS (Университет Тушии | University of Tuscia | https://www.unitus.it/en/)

1077

Генуя, GE
INFN Genoa (Национальный институт ядерной физики, отделение Генуи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Genoa | http://www.ge.infn.it/)

1083, 1096, 1119

Кальяри, CA
INFN Cagliari (Национальный институт ядерной физики, отделение Кальяри | National Institute for Nuclear Physics, Section of Cagliari | http://www.ca.infn.it/)

1088
UniCa (Университет Кальяри | University of Cagliari | http://www.unica.it/)

1088

Катания, CT
INFN Catania (Национальный институт ядерной физики, отделение Катании | National Institute for Nuclear Physics, Section of Catania | https://www.ct.infn.it/it/)

1088, 1099
INFN LNS (Национальный институт ядерной физики, Южная национальная лаборатория | National Institute for Nuclear Physics, National Laboratory of the South | http://www.lns.infn.it/)

1083, 1136
UniCT (Университет Катании | University of Catania | http://www.unict.it/)

1088

Леньяро, PD
INFN LNL (Национальный институт ядерной физики, Национальная лаборатория Леньяро | National Institute for Nuclear Physics, Legnaro National Laboratories | http://www.lnl.infn.it/)

1088

Мессина, ME
UniMe (Мессинский университет | University of Messina | http://www.unime.it/)

1088, 1136, 1149-2

Милан, MI
INFN Milan (Национальный институт ядерной физики, отделение Милана | National Institute for Nuclear Physics, Section of Milan | http://www.mi.infn.it/)

1083
UNIMI (Миланский университет | University of Milan | http://www.unimi.it/)

1099

Неаполь, NA
INFN Naples (Национальный институт ядерной физики, отделение Неаполя | National Institute for Nuclear Physics, Section of Naples | http://www.na.infn.it/)

1083, 1096, 1135, 1136
Unina (Неаполитанский университет имени Фридриха II | University of Naples Federico II | http://www.unina.it/)

1099, 1130

Павия, PV
INFN Pavia (Национальный институт ядерной физики, отделение Павии | National Institute for Nuclear Physics, Section of Pavia | http://www.pv.infn.it/)

1083
UniPv (Павианский университет | University of Pavia | http://www.unipv.it/)

1088

Падуя, PD
INFN Padua (Национальный институт ядерной физики, отделение Падуи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Padua | http://www.pd.infn.it/)

1083, 1088, 1096, 1099
UniPd (Падуанский университет | University of Padua | http://www.unipd.it/)

1088, 1138

Перуджа, PG
INFN Perugia (Национальный институт ядерной физики, отделение Перуджи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Perugia | http://www.pg.infn.it/)

1083, 1096

Пиза, PI
INFN Pisa (Национальный институт ядерной физики, отделение Пизы | National Institute for Nuclear Physics, Section of Pisa | http://www.pi.infn.it/)

1081, 1083, 1096, 1151

Рим, RM
CREF (Музей истории физики и научно-исследовательский центр Энрико Ферми | Enrico Fermi Historical Physics Museum and Study and Research Centre | https://www.cref.it/en/hp-english/)

1088
ENEA (Итальянское национальное агентство по новым технологиям, энергетике и устойчивому экономическому развитию | Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development | https://www.enea.it/en/)

1146
INFN Rome (Национальный институт ядерной физики, отделение Рима | National Institute for Nuclear Physics, Section of Rome | http://www.roma1.infn.it/)

1083, 1088, 1096, 1099
Sapienza (Римский университет Сапиенца | Sapienza University of Rome| https://www.uniroma1.it/en)

1088
Tor Vergata (Римский университет Тор Вергата | Tor Vergata University of Rome | https://web.uniroma2.it/en)

1096

Салерно, SA
INFN Salerno (Национальный институт ядерной физики, отделение Салерно | National Institute for Nuclear Physics, Section of Salerno | http://www.sa.infn.it/)

1088, 1099

Сиена, SI
UNISI | Сиенский университет | University of Siena | https://en.unisi.it/

1146

Тренто, TN
UniTrento (Университет Тренто | University of Trento | https://www.unitn.it/en)

1085

Триест, TS
INFN Trieste (Национальный институт ядерной физики, отделение Триеста | National Institute for Nuclear Physics, Section of Trieste | http://www.ts.infn.it/)

1083, 1085, 1088
SISSA (Международная школа передовых исследований | International School for Advanced Studies | http://www.sissa.it/)

1138
UniTS (Университет Триеста | University of Trieste | https://portale.units.it/en)

1088

Турин, TO
INFN Turin (Национальный институт ядерной физики, отделение Турина | National Institute for Nuclear Physics, Section of Turin | http://www.to.infn.it/)

1083, 1085, 1087, 1088, 1096, 1100
PoliTO (Туринский политехнический университет | Polytechnic University of Turin | https://www.polito.it/en)

1088
UniTo (Туринский университет | University of Turin | http://www.unito.it/)

1088, 1136, 1138

Феррара, FE
INFN Ferrara (Национальный институт ядерной физики, отделение Феррары | National Institute for Nuclear Physics, Section of Ferrara | http://www.fe.infn.it/)

1096

Флоренция, FI
INFN Florence (Национальный институт ядерной физики, отделение Флоренции | National Institute for Nuclear Physics, Section of Florence | http://www.fi.infn.it/)

1083, 1096

Фоджа, FG
UNIFG (Университет Фоджи | University of Foggia | https://www.unifg.it/en)

1088

Фраскати, RM
INFN LNF (Национальный институт ядерной физики, Национальная лаборатория Фраскати | National Institute for Nuclear Physics, National Laboratory of Frascati | http://www.lnf.infn.it/)

1083, 1088, 1096, 1138, 1151

Эриче, TP
EMFCSC (Фонд Этторе Майорана и Центр научной культуры | Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture ETS | https://ettoremajoranafoundation.com/)

1088

Казахстан

Алма-Ата, ALA
ИЯФ /INP/ (Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Институт ядерной физики" Агентства Республики Казахстан по атомной энергии | Republican State Enterprise on the right of economic management "Institute of Nuclear Physics" of the Agency of the Republic of Kazakhstan for Atomic Energy | https://inp.kz/en)
1037, 1065, 1066, 1096, 1100, 1107, 1118, 1119, 1130, 1136, 1144, 1146, 1147, 1148, 1149-2, 1149-3
КазНУ /KazNU/ (Казахский национальный университет им. аль-Фараби | Al-Farabi Kazakh National University | https://farabi.university/)

1136, 1138, 1139, 1149-2
НПЦ Микробиологии и Вирусологии /RPC Microbiology and Virology/ (Товарищество с ограниченной ответственностью "Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии" | Limited Liability Partnership "Research and Production Center of Microbiology and Virology" | http://imv-kaz.kz/)

1149-2
ФТИ КазНИТУ /PTI Satbaev Univ./ (ТОО "Физико-технический институт" Казахского национального исследовательского технического университета имени К. И. Сатпаева | LLP Physical-Technical Institute of Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satbayev | https://sci.kz/)

1065

Астана, AST
АУИТ /AITU/ | Астанинский университет информационных технологий | Astana IT University | https://astanait.edu.kz/en

1118
АФ ИЯФ /AB INP/ (Астанинский филиал Института ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан | The Astana branch of the Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan | https://inp.kz/ru/structure/astaninskij-filial/)

1118, 1129, 1131
ЕНУ /ENU/ (Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилёва | L.N. Gumilyov Eurasian National University | https://enu.kz/en)

1087, 1130, 1131, 1137, 1139, 1146
НУ /NU/ (Назарбаев университет | Nazarbayev University | https://nu.edu.kz/en)

1131

Караганда, KAR
КарТУ /KTU/ | Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова | Abylkas Saginov Karaganda Technical University | https://www.kstu.kz/

1087

Кызылорда, KZY
КазНИИР /KazSRIRG/ (Товарищество с ограниченной ответственностью "Казахский научно-исследовательский институт рисоводства имени Ибрая Жахаева" | Limited Liability Partnership "Kazakh Scientific Research Institute of Rice Growing named after Ibray Zhakhayev" | https://kazniirice.kz/en/)

1146
КУ /KU/ (Кызылординский университет им. Коркыт Ата | Korkyt Ata Kyzylorda University | https://korkyt.edu.kz/en/)

1146

Усть-Каменогорск, VOS
ВКУ /EKU/ (Восточно-Казахстанский университет им. Сарсена Аманжолова | Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University | https://vku.edu.kz/en/)

1139

Канада

Ванкувер, BC
TRIUMF (Канадский центр ускорения частиц | Canada's particle accelerator centre | http://www.triumf.ca/)

1081, 1096
UBC (Университет Британской Колумбии | University of British Columbia | http://www.ubc.ca/)

1096

Корнер-Брук, NL
MUN (Мемориальный университет Ньюфаундленда - Кампус Гренфелл | Memorial University of Newfoundland - Grenfell Campus | http://www.grenfell.mun.ca/)

1135

Монреаль, QC
UdeM (Монреальский университет | University of Montreal | http://www.umontreal.ca/)

1137

Торонто, ON
YU (Университет Йорк | York University | https://www.yorku.ca/)

1096

Шербрук, QC
UdeS (Шербрукский университет | University of Sherbrooke | https://www.usherbrooke.ca/)

1137

Кипр

Никосия, NIC
UCY (Кипрский университет | University of Cyprus | http://www.ucy.ac.cy/)

1083

Китай

Гуанчжоу, GD
SYSU (Университет имени Сунь Ятсена | Sun Yat-Sen University | https://www.sysu.edu.cn/sysuen)

1099, 1135

Дунгуань, GD
CSNS | Китайский источник расщепления нейтронов | China Spallation Neutron Source | https://english.ihep.cas.cn/csns/

1146, 1149-2

Ичан, HB
CTGU (Китайский университет “Три ущелья” | China Three Gorges University | https://www.en-ctgu.com/)

1065

Ланьчжоу, GS
IMP CAS (Институт современной физики Китайской академии наук | Institute of Modern Physics of the Chinese Academy of Sciences | https://english.imp.cas.cn/)

1065, 1066, 1127, 1129, 1130, 1135, 1136, 1138

Нанкин, JS
NUAA | Нанкинский университет аэронавтики и астронавтики | Nanjing University of Aeronautics and Astronautics | https://en.nuaa.edu.cn/

1136

Пекин, BJ
BIMSA | Пекинский институт математических наук и приложений | Beijing Institute of Mathematical Sciences and Applications | https://www.bimsa.cn/

1137
BNU | Пекинский педагогический университет | Beijing Normal University | https://english.bnu.edu.cn/

1129
CIAE (Китайский институт атомной энергии | China Institute of Atomic Energy | http://www.ciae.ac.cn/)

1065, 1087, 1088, 1119, 1129, 1130, 1136, 1149-2
IHEP CAS (Институт физики высоких энергий Китайской академии наук | Institute of High Energy Physics of the Chinese Academy of Sciences | http://www.ihep.ac.cn/)

1065, 1083, 1085, 1087, 1099, 1118, 1135, 1144, 1151
ITP CAS (Институт теоретической физики Китайской академии наук | Institute of Theoretical Physics of the Chinese Academy of Sciences | http://english.itp.cas.cn/)

1136, 1137
PKU (Пекинский университет | Peking University | https://english.pku.edu.cn/)

1083, 1130, 1136, 1146
Tsinghua (Университет Цинхуа | Tsinghua University | https://www.tsinghua.edu.cn/en/)

1065, 1083, 1099
UCAS (Университет Китайской академии наук | University of Chinese Academy of Sciences | https://english.ucas.edu.cn/)

1065, 1130, 1138

Сиань, SN
NINT (Северо-Западный институт ядерных технологий | Northwest Institute of Nuclear Technology)

1146
XJTU | Сианьский университет Цзяотун | Xi'an Jiaotong University | https://en.xjtu.edu.cn/

1146

Тяньцзинь, TJ
TU | Тяньцзиньский университет | Tianjin University | https://en.tju.edu.cn/

1138

Ухань, HB
CCNU (Центральный китайский педагогический университет; Институт физики частиц | Central China Normal University; Institute of Particle Physics | http://physics.ccnu.edu.cn/English.htm)

1065, 1066, 1087, 1088
HBUT (Технологический университет Хубэй | Hubei University of Technology | https://en.hbut.edu.cn/)

1088

Хайкоу, HI
HNU (Хайнаньский университет | Hainan University | http://en.hainanu.edu.cn/)

1135

Ханчжоу, ZJ
ZJU (Чжэцзянский университет | Zhejiang University | http://www.zju.edu.cn/english/)

1083

Харбин, HL
HEU (Харбинский инженерный университет | Harbin Engineering University | https://english.hrbeu.edu.cn/)

1149-2

Хух-Хото, NM
IMNU | Педагогический университет Внутренней Монголии | Inner Mongolia Normal University | https://www.imnu.edu.cn

1119

Хучжоу, ZJ
HUTC (Университет Хучжоу | Huzhou University | https://www.cuesc.com/school/HUTC)

1065

Хэнъян, HN
USC (Университет Южного Китая | University of South China | http://english.usc.edu.cn/)

1065, 1138

Хэфэй, AH
ASIPP CAS (Институт физики плазмы Китайской академии наук | Institute of Plasma Physics of the Chinese Academy of Sciences | http://english.ipp.cas.cn/)

1065, 1127
USTC (Китайский университет науки и технологий | University of Science and Technology of China | http://www.ustc.edu.cn/)

1065, 1088

Цзинань, SD
SDU (Шаньдунский университет, кампус в г. Цзинань | Shandong University, Jinan Campus | http://en.sdu.edu.cn/)

1065

Циндао, SD
SDU | Шаньдунский университет, кампус в г. Циндао | Shandong University, Qingdao Campus | https://www.en.qd.sdu.edu.cn/

1065, 1151

Шанхай, SH
Fudan (Фуданьский университет | Fudan University | http://www.fudan.edu.cn/)

1065, 1151
SHNU | Шанхайский педагогический университет | Shanghai Normal University | https://english.shnu.edu.cn/

1136
SHU (Университет Шанхая | Shanghai University | https://en.shu.edu.cn)

1136, 1138
SINAP CAS (Шанхайский институт прикладной физики Китайской академии наук | Shanghai Institute of Applied Physics of the Chinese Academy of Sciences | http://english.sinap.cas.cn/)

1088
SJTU | Шанхайский университет Цзяотун | Shanghai Jiao Tong University | https://en.sjtu.edu.cn/

1099, 1136
TDLI | Институт Цун-Дао Ли | Tsung-Dao Lee Institute | https://tdli.sjtu.edu.cn/en/

1149-2

Куба

Гавана, HAV
ASC (Кубинская академия наук | Academy of Sciences of Cuba | http://www.academiaciencias.cu/)

1139
CEA (Центр перспективных исследований Кубы | Center for Advanced Studies of Cuba | https://www.cea.cu/)

1077
CEADEN (Центр технологических применений и ядерных разработок | Center of Technological Applications and Nuclear Development)

1088, A003
CIGB | Центр генной инженерии и биотехнологий | Center for Genetic Engineering and Biotechnology | https://www.cigb.edu.cu/en/

1077
CNEURO (Кубинский центр нейробиологии | https://www.biocubafarma.cu/node/6)

1077
CPHR (Центр радиационной защиты и гигиены | Center for Radiation Protection and Hygiene | https://www.cphr.edu.cu/)

1077
InSTEC (Высший институт технологий и прикладных наук | Higher Institute of Technologies and Applied Sciences | http://www.instec.cu/)

1065, 1066, 1086, 1149-2
UH (Гаванский Университет | University of Havana | http://www.uh.cu/)

1077, 1146

Сан-Хосе-де-лас-Лахас, HAV
CENTIS (Изотопный центр "ЦЕНТИЗ" | Center of Isotopes "CENTIS" | http://www.centis.cu/)

1077

Кыргызстан

Бишкек, GB
БГУ /BSU/ (Бишкекский Государственный Университет им. К. Карасаева | Bishkek State University named after K. Karasaev | https://bhu.kg/en/)

1138

Латвия

Рига, RIX
ISSP UL (Институт физики твердого тела Латвийского университета | Institute of Solid State Physics of the University of Latvia | http://www.cfi.lu.lv/)

1149-2

Литва

Каунас, KUN
VMU (Университет Витаутаса Великого | Vytautas Magnus University | http://www.vdu.lt/)

1136

МАГАТЭ

Вена, AT
МАГАТЭ /IAEA/ (Международное агентство по атомной энергии | International Atomic Energy Agency | http://www.iaea.org/)

1146, 1149-4

Малайзия

Банги, SL
UKM | Национальный университет Малайзии | National University of Malaysia | https://www.ukm.my

1144

Мальта

Мсида, MSD
UM (Мальтийский университет | University of Malta | https://www.um.edu.mt/)

1088

Мексика

Кульякан, SIN
UAS (Автономный Университет Синалоа | Autonomous University of Sinaloa | https://www.uas.edu.mx/)

1088

Мехико, CDMX
Cinvestav (Центр передовых исследований Национального политехнического института | Center for Research and Advanced Studies of the National Polytechnic Institute | http://www.cinvestav.mx/)

1083, 1088, 1146
INCan (Национальный институт рака | National Cancer Institute | http://www.incan.salud.gob.mx)

1107
UNAM (Национальный автономный университет Мексики | National Autonomous University of Mexico (Mexico City) | http://www.unam.mx/)

1065, 1066, 1088, 1118, 1119, 1129, 1136, 1146

Морелия, MIC
UMSNH | Мичоаканский университет Сан-Николас-де-Идальго | Michoacana University of San Nicolás de Hidalgo | https://umich.mx/

1146

Пуэбла, PUE
BUAP (Автономный университет Пуэбла | Meritorious Autonomous University of Puebla | http://www.buap.mx/)

1065, 1083, 1088

Сан-Луис-Потоси, SLP
UASLP (Автономный университет Сан-Луис-Потоси | Autonomous University of San Luis Potosi | http://www.uaslp.mx/)

1096

Молдова

Кишинев, CU
ИМБ АНМ /IMB ASM/ (Институт микробиологии и биотехнологии Академии наук Молдовы | Institute of Microbiology and Biotechnology of the Academy of Sciences of Moldova | http://www.imb.asm.md/)

1146
ИПФ /IAP/ (Институт прикладной физики Министерства образования и исследований Республики Молдова | Institute of Applied Physics of the Ministry of Education and Research of the Republic of Moldova | http://www.phys.asm.md/)

1065
ИХ /IChem/ (Институт химии | Institute of Chemistry | http://ichem.md/)

1146
МолдГУ /MSU/ (Молдавский государственный университет | Moldova State University | http://usm.md/)

1107

Монголия

Улан-Батор, ULN
GCRA (Геологический центр исследований и анализа | Geological Center for Research and Analysis | https://gcra.gov.mn/)

1146
IMDT MAS (Институт математики и цифровой технологии Монгольской Академии Наук | Institute of Mathematics and Digital Technology of the Mongolian Academy of Sciences | https://imdt.ac.mn/)

1118, 1119
IPT MAS (Институт физики и технологии Монгольской Академии Наук | Institute of Physics and Technology of the Mongolian Academy of Sciences | https://ipt.ac.mn/)

1065, 1087, 1137, 1149-2, 1150
MNUE (Монгольский государственный университет образования | Mongolian National University of Education | https://msue.edu.mn/)

1066, 1139
MUST (Монгольский университет науки и технологии | Mongolian University of Science and Technology | http://www.must.edu.mn/)

1119, 1146
NRC NUM (Центр ядерных исследований Монгольского государственного университета | Nuclear Research Center of the National University of Mongolia | http://nrc.num.edu.mn/)

1077, 1146
NUM (Монгольский государственный университет | National University of Mongolia | http://www.num.edu.mn/)

1139

Нидерланды

Амстердам, NH
AUAS (Амстердамский университет прикладных наук | Amsterdam University of Applied Sciences | https://www.amsterdamuas.com/)

1088
NIKHEF (Национальный институт субатомной физики | National Institute for Subatomic Physics | http://www.nikhef.nl/)

1081, 1088

Утрехт, UT
UU (Утрехтский университет | Utrecht University | http://www.uu.nl/)

1088

Эйндховен, NB
TU/e (Технический университет Эйндховена | Eindhoven University of Technology | https://www.tue.nl/en/)

1083

Новая Зеландия

Крайстчерч, CAN
UC (Университет Кентербери | University of Canterbury | http://www.canterbury.ac.nz/)

1083

Окленд, AUK
UoA (Оклендский университет | University of Auckland | http://www.auckland.ac.nz/)

1083

Норвегия

Берген, BGO
HVL (Университет прикладных наук Западной Норвегии | Western Norway University of Applied Sciences | https://www.hvl.no/en/)

1088
UiB (Бергенский университет | University of Bergen | http://www.uib.no/)

1088, 1136

Борре, BRE
USN (Университет Юго-Восточной Норвегии, кампус Вестфолд | University of South-Eastern Norway, Vestfold Campus | https://www.usn.no/english/)

1088

Осло, OSL
UiO (Университет Осло | University of Oslo | http://www.uio.no/)

1088, 1136

Пакистан

Исламабад, IS
COMSATS (Университет COMSATS в Исламабаде | COMSATS University Islamabad | https://www.comsats.edu.pk/)

1088
PINSTECH (Пакистанский институт ядерных исследований и технологий | Pakistan Institute of Nuclear Science and Technology)

1088
QAU (Университет им. Каид-и Азама | Quaid-i-Azam University | http://www.qau.edu.pk/)

1083

Перу

Лима, LMA
PUCP (Папский католический университет Перу | Pontifical Catholic University of Peru | https://www.pucp.edu.pe/)

1088

Польша*

Варшава, MZ
IEP WU (Институт экспериментальной физики Варшавского университета | Institute of Experimental Physics of Warsaw University | http://en.ifd.fuw.edu.pl/)

1085
UW (Варшавский университет | University of Warsaw | http://www.uw.edu.pl/)

1136
WUT (Варшавский политехнический университет | Warsaw University of Technology | http://www.pw.edu.pl/)

1085

Вроцлав, DS
UWr (Вроцлавский университет | University of Wroclaw | https://uwr.edu.pl/)

1138
WUST (Вроцлавский университет науки и техлогии | Wroclaw University of Science and Technology | http://www.pwr.edu.pl/)

1137

Гданьск, PM
GUT (Гданьский политехнический университет | Gdańsk University of Technology | http://pg.edu.pl/)

1146

Катовице, SL
US (Силезский университет в Катовицах | University of Silesia in Katowice | http://www.us.edu.pl/)

1135

Краков, MA
IFJ PAN (Институт ядерной физики им. Генриха Неводничаньского Польской академии наук | Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences | http://www.ifj.edu.pl/)

1135, 1136, 1146
JU (Ягеллонский университет в Кракове | Jagiellonian University in Kraków | http://www.uj.edu.pl/)

1138

Лодзь, LD
UL (Лодзинский университет | University of Lódź | http://www.uni.lodz.pl/)

1146

Люблин, LU
UMCS (Университет им. Марии Кюри-Склодовской | Marie Curie-Sklodowska University in Lublin | http://www.umcs.pl/)

1136

Ополе, OP
UO (Опольский университет | University of Opole | http://www.uni.opole.pl/)

1146

Отвоцк-Сверк, MZ
NCBJ (Национальный центр ядерных исследований | National Centre for Nuclear Research | http://www.ncbj.gov.pl/)

1085, 1135, 1136, 1146

Познань, WP
AMU (Университет им. Адама Мицкевича в Познани | Adam Mickiewicz University in Poznań | http://www.amu.edu.pl/)

1146

Португалия

Авейру, AVE
UA (Университет г. Авейру | University of Aveiro | http://www.ua.pt/)

1085, 1138

Коимбра, COI
UC (Коимбрский университет | University of Coimbra | http://www.uc.pt/)

1135

Лиссабон, LIS
LIP (Лаборатория приборостроения и экспериментальной физики частиц | Laboratory of Instrumentation and Experimental Particle Physics | http://www.lip.pt/)

1085

Республика Корея

Инчхон, INC
Inha (Университет Инха | Inha University | https://eng.inha.ac.kr/)

1088

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

Каннын, KAG
GWNU (Национальный университет Каннын-Вонджу | Gangneung-Wonju National University | http://www.gwnu.ac.kr/)

1088

Кванджу, KWJ
CNU (Национальный университет Чоннам | Chonnam National University | http://www.jnu.ac.kr/)

1083

Пусан, PUS
PNU (Пусанский национальный университет | Pusan National University | http://www.pusan.ac.kr/)

1088

Сеул, SEL
Konkuk Univ. (Университет Конкук | Konkuk University | http://www.konkuk.ac.kr/)

1088
KU (Университет Корё | Korea University | http://www.korea.edu/)

1083
SJU (Университет Седжон | University of Sejong | https://eng.sejong.ac.kr/index.do/)

1083, 1088
SKKU (Университет Сонгюнгван | Sungkyunkwan University | http://www.skku.edu/)

1083, 1144
SNU (Сеульский национальный университет | Seoul National University | http://www.en.snu.ac.kr/)

1083
SSU | Университет Сунгщиль | Soongsil University | https://study.ssu.ac.kr

1136
Yonsei Univ. (Университет Ёнсе | Yonsei University | https://www.yonsei.ac.kr/)

1083, 1088, 1136

Тэджон, DJN
IBS (Институт фундаментальных наук | Institute for Basic Science | http://www.ibs.re.kr/)

1130, 1136, 1138
KAERI (Корейский исследовательский институт атомной энергии | Korea Atomic Energy Research Institute | http://www.kaeri.re.kr/)

1146
KIST (Корейский институт науки и технологии| Korea Institute of Science and Technology | https://www.kist.re.kr/eng/index.do)

1083, 1088

Чонджу, CHN
JBNU (Национальный университет Чонбук | Jeonbuk National University | https://www.jbnu.ac.kr/en)

1088, 1136

Чхонджу, COJ
CBNU (Чунгбукский национальный университет | Chungbuk National University | https://www.cbnu.ac.kr/english/index.do)

1088

Россия

Архангельск, ARK
САФУ /NArFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования “Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова” | Northern (Arctic) Federal University named after M.B. Lomonosov | http://narfu.ru/)

1126, 1127, 1139, 1146
СГМУ /NSMU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Северный государственный медицинский университет” Министерства здравоохранения РФ | Northern State Medical University | http://www.nsmu.ru/)

1139

Белгород, BEL
БелГУ /BelSU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования “Белгородский государственный национальный исследовательский университет” | Belgorod National Research State University | https://bsuedu.ru/bsu/)

1065, 1087, 1097, 1139, 1148, 1150
Эрэнди Вакуум /Erendi Vakuum/ (Общество с ограниченной ответственностью "Эрэнди Вакуум" | LLC "Erendi Vakuum")

1150

Борок, YAR
ГО "Борок" ИФЗ РАН /IPE RAS/ (Геофизическая обсерватория "Борок" – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Институт физики земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук" | Borok Geophysical Observatory branch of Federal State Budgetary Institution of Science "Schmidt Institute of the Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences" | http://wwwbrk.adm.yar.ru/)

1077
ИБВВ РАН /IBIW RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “I.D. Papanin Institute for the Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences” | http://ibiw.ru/)

1146

Владивосток, PRI
ДВФУ /FEFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования “Дальневосточный федеральный университет” | Far Eastern Federal University | http://dvfu.ru/)

1077, 1119, 1135, 1136, 1137, 1139, A003
ИАПУ ДВО РАН /IACP FEB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук | Institute of Automation and Control Processes FEB RAS | https://www.iacp.dvo.ru/)

1118
ТИБОХ /PIBOC/ (Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова Дальневосточного отделения РАН | G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry | http://www.piboc.dvo.ru/)

1077

Владикавказ, SE

ВТЦ "Баспик" /VTC "Baspik"/ (Общество с Ограниченной Ответственностью "Владикавказский Технологический Центр "Баспик" | LLC "Vladikakaz Technological Center "Baspik" | https://baspik.com/)

1087, 1150

СОГУ /NOSU/ (Федеральное бюджетное государственное учреждение высшего образования "Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова | North-Ossetian State University named after K.L. Khetagurov | http://www.nosu.ru/)

1065, 1081, 1087, 1107, 1118, 1119, 1139, 1146

Воронеж, VOR

ВГУ /VSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный университет" | Voronezh State University | http://www.vsu.ru/)

1100, 1118, 1119, 1130, 1138, 1139, 1146

ВНИИЛГИСбиотех /VNIILGISbiotech/ | Федеральное государственное бюджетное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии" | Federal State Budgetary Institution "Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology" | https://vniilgisbiotech.ru/

1146

Гатчина, LEN

НИЦ КИ ПИЯФ /NRC KI PNPI/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова" Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" | Federal State Budgetary Institution "B.P.Konstantinov Petersburg Nuclear Physics Institute" of the National Research Centre "Kurchatov Institute" | https://www.pnpi.nrcki.ru/)

1065, 1085, 1087, 1100, 1118, 1119, 1136, 1146, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1150, 1151

Грозный, CE

ЧГПУ /CSPU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Чеченский государственный педагогический университет" | Chechen State Pedagogical University | https://chspu.ru/)

1146

ЧГУ /CheSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова" | Kadyrov Chechen State University | https://chesu.ru/)

1139

Димитровград, ULY

НИИАР РОСАТОМ /RIAR ROSATOM/ (Акционерное общество "Государственный научный центр - Научно-исследовательский институт атомных реакторов" госкорпорации "Росатом" | JSC "State Scientific Center Research Institute of Atomic Reactors" State Atomic Energy Corporation Rosatom | http://www.niiar.ru/)

1130

ФНКЦРиО ФМБА /FNKCRIO FMBA/ Федеральное государственное бюджетное учреждение "Федеральный научно-клинический центр медицинской радиологии и онкологии" Федерального медико-биологического агентства | Federal Scientific and Clinical Center for Medical Radiology and Oncology of the Federal Medical and Biological Agency | https://fnkcrio.ru

1127

Долгопрудный, MOS

МФТИ /MIPT/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)" | Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University) | http://mipt.ru/)

1065, 1066, 1097, 1107, 1117, 1131, 1136, 1137, 1138, 1139, 1146, 1149-2, 1149-3, 1151

Донецк

ДонФТИ /DonIPE/ (Государственное учреждение "Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина" | Galkin Donetsk Institute for Physics and Engineering | http://www.donfti.ru/)

1146

ИНФОУ /IPOCC/ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко" | Federal State Budgetary Scientific Institution "L.M. Litvinenko Institute of Physical Organic and Coal Chemistry" | https://инфоу.рф/

1146

Дубна, MOS

ГУ "Дубна" /Uni Dubna/ | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Университет "Дубна" | Dubna State University | http://www.uni-dubna.ru/)

1099, 1100, 1118, 1119, 1135, 1139, 1146, 1149-2, 1149-3

Диамант /Diamant/ (Общество с ограниченной ответственностью “Диамант” | LLC "Diamant" | https://diamant-sk.com/)

1107, 1146

ИПИ “Омега” /IAS “Omega”/ (Общество с ограниченной ответственностью “Институт перспективных исследований “Омега” | LLC "IAS “Omega” | http://dubna-oez.ru/)

1107, 1150

ИФТП РОСАТОМ /IPTP ROSATOM/ (Акционерное общество "Институт физико-технических проблем" госкорпорации "Росатом" | JSC "Institute of Physical and Technical Problems" State Atomic Energy Corporation Rosatom | https://iftp.ru/)

1107, 1150

Орицикл /Horocycle/ | Общество с ограниченной ответственностью "Орицикл" | LLC "Horocycle"

1150

ОЭЗ "Дубна" /SEZ "Dubna"/ (Особая экономическая зона технико-внедренческого типа "Дубна" | Special Economic Zone of Technical-Innovative type "Dubna" | http://oezdubna.ru/)

1118

Филиал МГУ /MSU Branch/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Филиал МГУ в г. Дубне | Federal State Budget Educational Institution of Higher Education M.V. Lomonosov Moscow State University MSU Branch in Dubna | https://dubna.msu.ru/filial)

1107, 1119

ЦКС “Дубна” /SCC “Dubna”/ (Центр космической связи “Дубна”, Филиал Федерального государственного унитарного предприятия “Космическая связь” | “Dubna” Satellite Communication Centre, Branch of the Federal State Unitary Enterprise “Russian Satellite Communication Company” | http://www.rscc.ru/)

1118

Екатеринбург, SVE

ИФМ УрО РАН /IMP UB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт физики металлов им. М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences" | http://www.imp.uran.ru/)

1149-2, 1149-3

ИЭРиЖ /IPAE/ | Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук | Institute of Plant and Animal Ecology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences | https://ipae.uran.ru/

1146

УрФУ /UrFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина" | Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin | http://urfu.ru/)

1139, 1146, 1149-2

Елыкаево, KEM

Сириус. Кузбасс /Sirius. Kuzbass/ (Государственное автономное учреждение дополнительного образования "Сириус. Кузбасс" | State Autonomous Institution of Additional Education "Sirius. Kuzbass" | https://kemsirius.kemobl.ru/)

1146

Жуковский, MOS

Технология /Technology/ (Общество с ограниченной ответственностью "Технология" | LLC "Technology" | https://geliy24.ru/)

1065

Зеленоград, MOW

Ангстрем /Angstrem/ (Акционерное общество "Ангстрем" | JSC "Angstrem" | https://www.angstrem.ru/)

1146

Микрон/Mikron/ (Акционерное общество "Микрон" | JSC "Mikron" | https://www.mikron.ru/)

1146

НИИМВ /RIMST/ (Акционерное общество “Научно-исследовательский институт материаловедения” | JSC “Research Institute of Material Science and Technology” | http://www.niimv.ru/)

1086

Иваново, IVA

ИвГУ /IvSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановский государственный университет" | Ivanovo State University | http://ivanovo.ac.ru/)

1139

ИГХТУ /ISUCT/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Ивановский государственный химико-технологический университет” | Ivanovo State University of Chemistry and Technology | http://isuct.ru/)

1131, 1146

ИХР РАН /ICS RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences” | http://www.isc-ras.ru/)

1149-2

Ижевск, UD

УдГУ /UdSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Удмуртский государственный университет" | Udmurt State University | http://udsu.ru/)

1146

Иркутск, IRK

ИГУ /ISU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Иркутский государственный университет" | Irkutsk State University | https://isu.ru/)

1099, 1135, 1139, 1148

ИДСТУ СО РАН /ISDCT SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science “Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences” | http://www.idstu.irk.ru/)

1135

ЛИН СО РАН /LI SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" | http://www.lin.irk.ru/)

1146

Казань, TA

Компрессормаш /Compressormash/ (Акционерное общество “Казанский завод компрессорного машиностроения “Казанькомпрессормаш” | JSC “Kazancompressormash” | http://compressormash.ru/)

1065

КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН /KPhTI FRC KSC RAS/ | Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского - обособленное структурное подразделение "Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр "Казанский научный центр Российской академии наук" | Zavoisky Physical-Technical Institute, Subdivision of Federal State Budgetary Institution of Science "Federal Research Center "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" | https://www.kfti.knc.ru/

1149-2

КФУ /KFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет" | Kazan (Volga Region) Federal University | http://kpfu.ru/)

1117, 1138, 1139, 1149-2, 1149-3

Спецмаш /Spetshmash/ (Общество с ограниченной ответственностью “Научно-производственное предприятие "Спецмаш” | Ltd. “Research and Production Enterprise "Spetshmash” | http://spmsh.ru/)

1065
ФИЦ КазНЦ РАН /FRC KazSC RAS/ (Федеральный исследовательский центр "Казанский научный центр Российской академии наук" | Federal Research Center "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" | https://knc.ru

1077, 1149-2

Калининград
БФУ /IKBFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта" | Immanuel Kant Baltic Federal University | http://www.kantiana.ru/)

1146, 1149-2

Кемерово, KEM
КемГУ /KemSU/ | Кемеровский государственный университет | Kemerovo State University | https://kemsu.ru/

1146

Кострома, KOS
КГУ /KSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромской государственный университет" | Kostroma State University | https://kosgos.ru/)

1139

Краснодар, KDA
КубГУ /KubSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный университет" | Kuban State University | http://kubsu.ru/)

1131, 1139

Красноярск, KYA
ИФ СО РАН /KIP SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Kirensky Institute of Physics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" | http://www.kirensky.ru/)

1149-2
СФУ /SibFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский федеральный университет" | Siberian Federal University | https://sfu.ru)

1149-2
ФИЦ КНЦ СО РАН /FRC KSC SB RAS/ (Федеральный исследовательский центр "Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук" | Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" | https://ksc.krasn.ru)

1149-2

Москва, MOW
Азимут Фотоникс /Azimuth Photonics/ (Общество с ограниченной ответственностью "Компания "АЗИМУТ ФОТОНИКС" | LLC "Company "AZIMUTH PHOTONICS" | http://www.azimp.ru/)

1086
ВИАМ /VIAM/ | Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" | Federal State Unitary Enterprise "All-russian Scientific Research Institute of Aviation Materials" of the National Research Center "Kurchatov Institute" | https://viam.ru/

1149-2
ВНИИА РОСАТОМ /VNIIA ROSATOM/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова" госкорпорации "Росатом" | FSUE "Dukhov Automatics Research Institute" State Atomic Energy Corporation Rosatom | http://www.vniia.ru/)

1146
ВНИИКР /VNIIKR/ | Федеральное государственное бюджетное учреждение "Всероссийский центр карантина растений" | Federal State Budgetary Institution "All-Russian Plant Quarantine Center" | https://vniikr.ru/

1146
ВНИИНМ РОСАТОМ /VNIINM ROSATOM/ (Акционерное общество "Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара" госкорпорации "Росатом" | JSC "Advanced Research Institute of Inorganic Materials named after Academician A. A. Bochvar" State Atomic Energy Corporation Rosatom | http://www.bochvar.ru/)

1149-4
ВШЭ /HSE/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики" | National Research University Higher School of Economics | http://www.hse.ru/)

1037, 1065, 1117, 1118, 1119, 1138, 1139, 1151
ВЭИ ВНИИТФ РОСАТОМ /VEI VNIITF ROSATOM/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский электротехнический институт им. В.И.Ленина" - филиал Всероссийского научно-исследовательского института технической физики им. академика Е.И. Забабахина госкорпорации "Росатом" | Federal State Unitary Enterprise “All-Russian Electrotechnical Institute” branch of Russian Federal Nuclear Center Zababakhin All-Russia Research Institute of Technical Physics State Atomic Energy Corporation Rosatom | http://www.vei.ru/)

1065
ГАИШ МГУ /SAI MSU/ (Государственный астрономический институт им. Штернберга Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования “Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова” | Sternberg Astronomical Institute of the M.V. Lomonosov Moscow State University | http://www.sai.msu.ru/)

1077, 1117, 1138
Гелиймаш /Geliymash/ (Акционерное общество “Научно-производственное объединение "Гелиймаш” | JSC “Scientific and Production Association "GELIYMASH” | http://geliymash.ru/)

1065
ГИИ /SIAS/ (Федеральное государственное бюджетное научно-исследовательское учреждение "Государственный институт искусствознания" | State Institute for Art Studies | http://sias.ru/)

1146
ГИКМЗ “МК” /SM “MK”/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение культуры “Государственный

историко-культурный музей-заповедник "Московский Кремль" | Federal State Institution “State Museum "Moscow Kremlin" | http://www.kreml.ru/)

1146

ГПКС /RSCC/ (Федеральное государственное унитарное предприятие “Космическая связь” | Federal State Unitary Enterprise “Russian Satellite Communications Company” | http://www.rscc.ru/)

1118

ИА РАН /IA RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт археологии Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences” | http://archaeolog.ru/)

1146, 1149-2

ИБМХ /IBMC/ (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение “Научно-исследовательский институт биомедицинской химии им В.Н. Ореховича” | Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Biomedical Chemistry | http://www.ibmc.msk.ru/)

1077

ИВ РАН /IOS RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт востоковедения Российской Академии Наук | Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences | https://www.ivran.ru/)

1037

ИВНД и НФ РАН /IHNA & NPh/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of the Russian Academy of Sciences" | http://www.ihna.ru/)

1077

ИГЕМ РАН /IGEM RAS/ (Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences” | http://www.igem.ru/)

1077, 1149-2

ИКИ РАН /IKI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт космических исследований Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences” | https://iki.cosmos.ru/)

1077, 1127, 1146

ИМБП РАН /IBMP RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Государственный научный центр Российской Федерации - Институт медико-биологических проблем Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science “State Scientific Centre of the Russian Federation - Institute for Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences” | http://www.imbp.ru/)

1065, 1077, 1107, 1127

ИМЕТ РАН /IMET RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “A.A. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of the Russian Academy of Sciences” | http://www.imet.ac.ru/)

1146, 1149-2

ИМЭМО РАН /IMEMO RAS/ (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Scientific Institution "Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations of the Russian Academy of Science" | http://imemo.ru/)

1037

ИНАСАН /INASAN/ Институт астрономии Российской академии наук | Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences | http://www.inasan.ru/

1135

ИНМИ РАН /INMI RAS/ (Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Фундаментальные основы биотехнологии" Российской Академии Наук | Vinogradsky Institute of Microbiology of Federal State Budgetary Institution of Science "Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences" | https://www.fbras.ru/)

1149-2

Ин-т иммунологии ФМБА / Inst. Immunology FMBA/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр "Институт иммунологии" Федерального медико-биологического агентства России" | National Research Center – Institute of Immunology Federal Medical-Biological Agency of Russia | http://nrcii.ru/)

1149-2

ИНЭОС РАН /INEOS RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук | A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of Russian Academy of Sciences | https://ineos.ac.ru/)

1130

ИОНХ РАН /IGIC RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences" | http://www.igic.ras.ru/)

1107, 1131, 1149-2

ИОФ РАН /GPI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center "General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences" | http://www.gpi.ru/)

1146

ИПМ РАН /KIAM RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Federal Research Center Keldysh Institute of Applied Mathematics of the Russian Academy of Sciences" | http://www.keldysh.ru/)

1118

ИПМех РАН /IPMech RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy of Sciences" | http://www.ipmnet.ru/)

1138
ИППИ РАН /IITP RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institute of Science "Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute) of the Russian Academy of Sciences" | http://iitp.ru/)

1118
ИСП РАН /ISP RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт системного программирования им. В.П. Иванникова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences" | http://www.ispras.ru/)

1118
ИСПМ РАН /ISPM RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Enikolopov Institute of Synthetic Polymeric Materials of the Russian Academy of Sciences" | http://www.ispm.ru/)

1131
ИТПЗ РАН /IEPT RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics of the Russian Academy of Sciences” | https://www.itpz-ran.ru)

1149-2
ИТЭФ /ITEP/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова" Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" | Federal State Budgetary Institution "Russian Federation State Scientific Centre - Alikhanov Institute for Theoretical and Experimental Physics" of the National Research Centre "Kurchatov Institute" | http://www.itep.ru/)

1065, 1066, 1081, 1100, 1107, 1117, 1131, 1135, 1138, 1146
ИФЗ РАН /IPE RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт физики земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences" | http://www.ifz.ru/)

1149-2
ИФХЭ РАН /IPCE RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences” | http://www.phyche.ac.ru/)

1146
Квант-Р/Kvant-R/ (Общество с ограниченной ответственностью "Квант-Р" | LLC "Kvant-R")

1107, 1146
КККиФ/KC CaPh/ (Курчатовский комплекс кристаллографии и фотоники Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" | Kurchatov Complex of Crystallography and Photonics of National Research Centre Kurchatov Institute | https://kif.ras.ru/)

1149-2
Криогенмаш /Cryogenmash/ (Акционерное общество криогенного машиностроения “Криогенмаш” | JSC “Cryogenmash” | http://cryogenmash.ru/)

1065
Кристал /Kristal/ (Акционерное Общество "Дизайн-центр "Кристал" | JSC "Design Centre "Kristal" | https://dckristal.ru/)

1126
Марафон /Marafon/ (Общество с ограниченной ответственностью "Марафон" | LLC "Marafon" | http://www.marathon.ru/)

1150
МГИМО /MGIMO/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации" | Moscow State Institute of International Relations | https://mgimo.ru/)

1037
МГТУ /BMSTU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)" | Bauman Moscow State Technical University | https://www.bmstu.ru/)

1118, 1139
МГУ /MSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова” | Lomonosov Moscow State University | http://www.msu.ru/)

1065, 1077, 1081, 1087, 1100, 1117, 1118, 1119, 1127, 1130, 1131, 1132, 1136, 1137, 1138, 1139, 1146, 1147, 1149-2, A002, A004
МИАН /MI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Steklov Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences" | http://www.mi.ras.ru/)

1117, 1138
МИРЭА /MIREA/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет" | MIREA - Russian Technological University | http://www.mirea.ru/)

1065, 1150
МИСИС /MISIS/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСИС" | National University of Science and Technology "MISIS" | http://www.misis.ru/)

1065, 1118, 1119, 1146, 1149-2
МИФИ /MEPhI/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего

образования "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ" | National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute | http://www.mephi.ru/)

1065, 1066, 1099, 1100, 1107, 1118, 1119, 1126, 1136, 1139, 1148, 1149-2, A003

МИЭТ /MIET/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Московский институт электронной техники" | National Research University of Electronic Technology | http://www.miet.ru/)

1149-2

МКНЦ /MCSC/ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы "Московский клинический научный центр имени А.С. Логинова" Департамента здравоохранения города Москвы | A.S. Loginov Moscow Clinical Scientific Center | https://mknc.ru/

1077

МНРХУ /MNRHU/ (Акционерное общество "Межобластное научно-реставрационное художественное управление" | JSC "Interregional Agency for Scientific Restoration of Works of Art"| http://mnrhu.ru/)

1146

МПГУ /MPGU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский педагогический государственный университет" | Moscow State Pedagogical University | https://mpgu.su/homempgu/)

1131

НИИВС /RIVS/ (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова" | Federal State Budgetary Scientific Institution "I.I. Mechnikov Research Institute of Vaccines and Serums" | https://instmech.ru/)

1131

НИИЯФ МГУ /SINP MSU/ (Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова | Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of the M.V. Lomonosov Moscow State University | http://www.sinp.msu.ru/)

1065, 1086, 1099, 1107, 1117, 1118, 1119, 1130, 1135, 1136, 1146, 1148, 1149-2

НИКИЭТ РОСАТОМ /NIKIET ROSATOM/ (Акционерное общество "Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н.А. Доллежаля" госкорпорации "Росатом" | JSC "N.A. Dollezhal Research and Development Institute of Power Engineering" State Atomic Energy Corporation Rosatom | http://www.nikiet.ru/)

1149-4

НИУ "МЭИ" /MPEI/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" | National Research University "Moscow Power Engineering Institute" | http://mpei.ru/)

1118, 1119, 1139

НИЦ КИ /NRC KI/ (Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" | National Research Centre "Kurchatov Institute" | https://nrcki.ru/)

1065, 1077, 1087, 1097, 1118, 1130, 1136, 1146, 1149-2, 1149-3

НМИЦ ДГОИ /NMRC PHOI/ Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева" Министерства здравоохранения Российской Федерации | Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology | https://fnkc.ru/index.jsp

1077

НМИЦ онкологии /NMRCO/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина" Министерства здравоохранения Российской Федерации | Federal State Budgetary Institution "N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology" of the Ministry of Health of the Russian Federation | https://www.ronc.ru/)

A005

НМИЦ РК /NMRC RB/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии" Министерства здравоохранения Российской Федерации | National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health of the Russian Federation | https://www.nmicrk.ru/)

1132

НМИЦ ТО /NMRC TO/ Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова" | Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov" | https://www.cito-priorov.ru

1107

ОИВТ РАН /JIHT RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Объединенный институт высоких температур Российской Академии наук” | Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences | https://jiht.ru/)

1107

ПИН РАН /PIN RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка Российской Академии наук" | Borissiak Paleontological Institute of the Russian Academy of Sciences | https://www.paleo.ru/)

1077, 1149-2

Поливуд /Polywood/ Общество с ограниченной ответственностью "Поливуд" | LLC "Polywood" | https://polywood.ru/

1146

Почвенный инст. /DSSI/ (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр "Почвенный институт им. В.В. Докучаева" | V.V. Dokuchaev Soil Science Institute | http://www.esoil.ru/)

1146

РИШ /RES/ Региональная общественная организация содействия научно-технологическому и инновационному развитию "Русская инженерная школа" | Regional Public Organization for the Promotion of Scientific, Technological, and Innovative Development "Russian Engineering School" | https://rish-school.ru/

1146

РИЭПП /RIEPL/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение Российский научно-исследовательский институт экономики, политики и права в научно-технической сфере | Russian Research

Institute of Economics, Politics and Law in Science and Technology | https://riep.ru/)

1037

РУДН /PFUR/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы" | Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba | http://www.rudn.ru/)

1037, 1107, 1118, 1119, 1131, 1136, 1137, 1139

РЭУ/ PRUE/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова" | Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov" | https://www.rea.ru/)

1065, 1118

Сеченовский Ун-т /Sechenov Univ./ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) | Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University) | https://www.sechenov.ru)

1146, A005

Сколтех /Skoltech/ (Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования "Сколковский институт науки и технологий" | Skolkovo Institute of Science and Technology | https://www.skoltech.ru/)

1138, 1149-2

СНИИП /SNIIP/ (Акционерное Общество "Специализированный научно-исследовательский институт приборостроения" госкорпорации "Росатом" | JSC "Specialized Scientific Research Institute for Instrumentation Engineering" State Atomic Energy Corporation Rosatom | https://www.sniip.ru/)

1146

ФИАН /LPI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences" | http://www.lebedev.ru/)

1065, 1087, 1097, 1099, 1100, 1117, 1119, 1130, 1138, 1146, 1148, 1149-2, 1150

ФИЦ ИУ РАН /FRC CSC RAS/ Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Информатика и Управление Российской академии наук" | Federal State Institution "Federal Research Center "Informatics and Management of the Russian Academy of Sciences" | https://www.frccsc.ru/

1118

ФИЦ ХФ РАН /FRC CP RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук" | N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics Russian Academy of Sciences | http://chph.ras.ru/)

1107

ФМБЦ ФМБА /FMBC FMBA/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна" Федерального медико-биологического агентства России | FSBI "Russian State Research Center − A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center" Federal Medical-Biological Agency | http://fmbafmbc.ru/)

1077, 1107, 1127, 1131

Фомос-Материалы /Fomos-Materials/ (Открытое акционерное общество "Фомос-Материалы" | JSC "Fomos-Materials" | http://newpiezo.com/)

1086

ФЦМН ФМБА /FCBN FMBA/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Федеральный центр мозга и нейротехнологий" Федерального медико-биологического агентства России | FSBI "Federal Center for Brain and Neurotechnologies" Federal Medical-Biological Agency | https://фцмн.рф/)

1077, 1127

ЦКММ МИЭМ ВШЭ /CQMM MIEM HSE/ | Центр квантовых метаматериалов Московского института электроники и математики им. А.Н. Тихонова Национального исследовательского университета "Высшая школа экономики" | Centre for Quantum Metamaterials of A.N. Tikohonov Moscow Institute of Electronics and Mathematics of National Research University Higher School of Economics | https://cqmm.hse.ru/

1149-2

Нальчик, KB

КБГУ /KBSU/ Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова | Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov | https://kbsu.ru/

1148

Нейтрино, KB

БНО ИЯИ РАН /BNO INR RAS/ Баксанская нейтринная обсерватория Федерального государственного бюджетного учреждения науки “Институт ядерных исследований Российской академии наук” | Baksan Neutrino Observatory Federal State Budgetary Institution of Science “Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences” | http://www.inr.ru/bno/

1100

Нижний Новгород

ИПФ РАН /IAP RAS/ ("Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук" | Federal Research Center A.V. Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences | https://www.ipfran.ru/)

1129

ИФМ РАН /IPM RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт физики микроструктур Российской академии наук” - филиал ИПФ РАН | Federal State Budgetary Institution of Science “Institute for Physics of Microstructures of the Russian Academy of Sciences” - branch of IPM RAS | http://ipmras.ru/)

1100, 1146, 1149-2

НГТУ /NNSTU/ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

"Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева" | Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev | https://nntu.ru/)

1100, 1148

ННГУ /UNN/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" | National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod | http://www.unn.ru/)

1149-2

Новосибирск, NVS

ИВМиМГ СО РАН /ICMMG SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт вычислительной математики и математической геофизики" Сибирского отделения Российской академии наук | Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences | https://icmmg.nsc.ru)

1118

ИК СО РАН /BIC SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр "Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Federal Research Center "Boreskov Institute of Catalysis of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" | http://www.catalysis.ru/)

1077

ИНХ СО РАН/NIIC SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук | Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences | http://www.niic.nsc.ru/)

1137

ИФП СО РАН /ISP SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Rzhanov Institute of Semiconductor Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" | http://www.isp.nsc.ru/)

1126, 1131, 1137, 1146

ИЯФ СО РАН /BINP SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Budker Institute of Nuclear Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" | http://www.inp.nsk.su/)

1065, 1085, 1099, 1118, 1135, 1144, 1151

НГУ /NSU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" | Novosibirsk State University | http://www.nsu.ru/)

1099, 1117, 1135, 1138, 1144

НТЛ "Заряд" /STL "Zaryad"/ (Городская общественная организация Научно-техническая лаборатория “Заряд” | STL “Zaryad”)

1065, 1097

ЦКП "СКИФ" /SKIF/ (Центр коллективного пользования "Сибирский кольцевой источник фотонов" Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Федеральный исследовательский центр "Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук" | Synchrotron Radiation Facility - Siberian Circular Photon Source "SKIF" Boreskov Institute of Catalysis of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences | https://srf-skif.ru)

1118

Новочеркасск, ROS

ЮРГПУ НПИ /SRSPU NPI/ (Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова | M.I.Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) | https://www.npi-tu.ru/)

1065, 1127, 1139

Обнинск, KLU

МРНЦ НМИЦР /MRRC NMRRC/ Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения "Национальный медицинский исследовательский центр радиологии" Минздрава России | A.Tsyb Medical Radiological Research Center – branch of the Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Radiological Centre" of the Ministry of Health of the Russian Federation | https://new.nmicr.ru/mrrc/

1077, 1107

ФЭИ РОСАТОМ /IPPE ROSATOM/ (Акционерное общество "Государственный научный центр Российской Федерации - Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского" госкорпорации "Росатом" | JSC "State Scientific Centre of the Russian Federation - Institute of Physics and Power Engineering" State Atomic Energy Corporation Rosatom | https://www.ippe.ru/)

1146, 1149-4

Омск, OMS

ОмГУ /OmSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского” | F.M. Dostoevsky Omsk State University | http://www.omsu.ru/)

1136

ОмГУПС /OSTU/ (Омский государственный университет путей сообщения | Omsk State Transport University | https://www.omgups.ru/)

1149-2

Пермь, PER

ИМСС УрО РАН /ICMM UrB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of Continuous Media Mechanics of the Russian Academy of Sciences Ural Branch" | https://www.icmm.ru/)

1149-2

ИТХ УрО РАН /ITCh UrB RAS/ (Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук | Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Technical

Chemistry of the Russian Academy of Sciences Ural Branch" | http://www.itcras.ru/)

1149-2

ПГНИУ /PSNRU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пермский государственный национальный исследовательский университет" | Perm State National Research University | http://www.psu.ru/)

1146

Петропавловск-Камчатский, KAM

КамГУ /KamGU/ (Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга | Vitus Bering Kamchatka State University | https://www.kamgu.ru/)

1119, 1126, 1139

КФ ФИЦ ЕГС РАН /FRC GC RAS/ (Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Единая геофизическая служба Российской академии наук" | "Kamchatka branch of the Federal Research Center "Geophysical Service of Russian Academy of Sciences" | https://www.emsd.ru/)

1126

Протвино, MOS

ИФВЭ /IHEP/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова" Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" | Federal State Budgetary Institution "Russian Federation State Scientific Centre - Institute for High Energy Physics" of the National Research Centre "Kurchatov Institute" | http://www.ihep.su/)

1065, 1066, 1081, 1085, 1086, 1087, 1117, 1118, 1119, 1126, 1135, 1137, 1138

Пущино, MOS

ИМПБ РАН /IMPB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт математических проблем биологии РАН - филиал Федерального государственного учреждения "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of Mathematical Problems of Biology of the Russian Academy of Sciences" | http://www.impb.ru/)

1118, 1119

ИТЭБ РАН /ITEB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук | Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences" | https://iteb.ru/)

1107, 1127

ИФХиБПП РАН /IPKhiBPP RAS/ (Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН | Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences | https://issp.pbcras.ru)

1077

Ростов-на-Дону, ROS

НИИФ ЮФУ /RIP SFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета" | Research Institute of Physics of the Southern Federal University | http://ip.sfedu.ru/)

1149-2

ЮФУ /SFedU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение "Южный федеральный университет" | Southern Federal University | http://www.sfedu.ru/

1149-2

Самара, SAM

СНИУ /SNRU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" | Samara National Research University | http://www.ssau.ru/)

1065, 1118, 1119, 1139

Санкт-Петербург, SPE

Ботанический сад БИН РАН /Botanic garden BIN RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Ботанический сад Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Botanic Garden of the V.L. Komarov Botanic Institute of the Russian Academy of Sciences" | http://botsad-spb.com/)

1146

ВНИИМ /VNIIM/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева" | D.I. Mendeleyev All-Russian Institute for Metrology | https://www.vniim.ru/)

1136

ГУМРФ /GUMRF/ Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова | Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping | https://gumrf.ru/

1136

ИАП РАН /IAI RAS/ (Институт аналитического приборостроения Российской Академии Наук | Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences | http://iairas.ru/)

1129

ИВС НИЦ КИ ПИЯФ /IMC NRC KI PNPI/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт высокомолекулярных соединений" филиал Федерального государственного бюджетного учреждения "Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" | Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of Macromolecular Compounds" branch of Petersburg Nuclear Physics Institute named by B.P. Konstantinov of NRC "Kurchatov Institute" | http://macro.ru/)

1149-2

Нева-Магнит /Neva-Magnet/ (Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "Нева-Магнит" | Neva-Magnet S&E, Ltd | http://www.magnet.spb.su/)

1129

НИИФ СПбГУ /FIP/ (Научно-исследовательский институт физики им. В.А. Фока Физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета | V.A. Fock Institute of Physics of the Saint Petersburg State University | https://spbu.ru/)

1087, 1118, 1146

НИИЭФА РОСАТОМ /NIIEFA ROSATOM/ (Акционерное общество "Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова" |

JSC "D.V. Efremov Scientific Research Institute of Electrophysical Apparatus" | http://www.niiefa.spb.su/)

1127, 1129

ПОМИ РАН /PDMI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Санкт-Петербургское отделение Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “St.Petersburg Department of V.A. Steklov Institute of Mathematics of the Russian Academy of Sciences” | http://www.pdmi.ras.ru/pdmi/)

1117, 1137, 1138

Радиевый институт РОСАТОМ /KRI ROSATOM/ (Акционерное общество "Радиевый институт им. В.Г. Хлопина" госкорпорации "Росатом" | JSC "V.G. Khlopin Radium Institute" State Atomic Energy Corporation Rosatom | http://www.khlopin.ru/)

1130, 1146

СЗОНКЦ ФМБА /NWRSCC FMBA/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства России" | North-West Regional Scientific and Clinical Center named after L.G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency | https://med122.com/)

1126

СПбГЛТУ /SPSFTU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова" | Saint Petersburg State Forest Technical University | http://spbftu.ru/)

1146

СПбГМТУ /SMTU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный морской технический университет" | Saint-Petersburg State Marine Technical University | https://www.smtu.ru/)

1148

СПбГУ /SPbSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Санкт-Петербургский государственный университет” | Saint Petersburg State University | http://spbu.ru/)

1065, 1066, 1107, 1117, 1118, 1119, 1130, 1136, 1137, 1139

СПбГЭТУ "ЛЭТИ" /ETU "LETI"/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)" | Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI" | http://www.eltech.ru/)

1126

СПбПУ /SPbPU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования “Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого” | Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University | http://www.spbstu.ru/)

1065, 1118, 1139, 1150

СПГУ /SPMU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" | Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University | https://www.spmi.ru/)

1146

Университет ИТМО /ITMO University/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования “Национальный исследовательский университет ИТМО” | ITMO University | http://www.itmo.ru/)

1037, 1118, 1148

ФТИ им. А.Ф. Иоффе /Ioffe Institute/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “Ioffe Physical Technical Institute of the Russian Academy of Sciences” | http://www.ioffe.ru/)

1130, 1146, 1149-2

ЦНИИ КМ “Прометей” /CRISM "Prometey"/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный Научно-Исследовательский Институт Конструкционных Материалов "Прометей" им. И.В. Горынина Национального Исследовательского Центра "Курчатовский Институт" | Central Research Institute of Structural Materials "Prometey" named after I.V. Gorynin of National Research Center "Kurchatov Institute" | http://www.crism-prometey.ru/)

1149-2

Саратов, SAR

СГУ /SSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского” | N.G. Chernyshevsky Saratov State University | http://www.sgu.ru/)

1117, 1119, 1136, 1137, A002

Саров, NIZ

ВНИИЭФ РОСАТОМ /VNIIEF ROSATOM/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Российский Федеральный Ядерный Центр" – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики госкорпорации "Росатом" | “Russian Federal Nuclear Centre” – All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics State Atomic Energy Corporation Rosatom | http://www.vniief.ru/)

1100, 1130, 1150

Севастополь

ИнБЮМ РАН /IBSS RAS/ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН" | Federal Research Center "A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS" | https://ibss-ras.ru/

1146

Смоленск, SMO

СмолГУ /SSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Смоленский государственный университет" | Smolensk State University | http://www.smolgu.ru/)

1087, 1139

Снежинск, CHE

РФЯЦ-ВНИИТФ РОСАТОМ /RFNC-VNIITF ROSATOM/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. академика Е.И. Забабахина" госкорпорации "Росатом" | Russian Federal Nuclear Center Zababakhin All-Russia Research

Institute of Technical Physics State Atomic Energy Corporation Rosatom | http://www.vniitf.ru/)

1149-4

Сосновый Бор, LEN

СПИИ "ВНИПИЭТ" /SPII "VNIPIET"/" (Акционерное общество "Сосновоборский проектно-изыскательский институт "Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт энергетической техники" | JSC "SPII "VNIPIET" | http://ru.vnipiet.ru/)

1130

Сочи, KDA

НИИ МП /SRI MP/ (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение “Научно-исследовательский институт медицинской приматологии” | Federal State Budgetary Scientific Institution “Scientific Research Institute of Medical Primatology” | http://www.primatologia.ru/)

1077

Ставрополь, STA

СКФУ /NCFU/ (Северо-Кавказский Федеральный Университет | North-Caucasus Federal University | https://ncfu.ru/)

1149-2

Старая Ладога, LEN

СЛ Музей/SL Museum/ (Государственное бюджетное учреждение культуры Ленинградской области "Староладожский историко-архитектурный и археологический музей-заповедник" | Staraya Ladoga Historical, Architectural and Archaeological Museum-Reserve | https://ladogamuseum.com/)

1146

Стерлитамак, BA

СФ УУНиТ /SB UUST/ (Стерлитамакский филиал Уфимского университета науки и технологий | Sterlitamak Branch of Ufa University of Science and Technology | https://str.uust.ru/)

1149-2

Сыктывкар, KO

ОМ Коми НЦ УрО РАН /DM Komi SC UrB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Отдел математики Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Department of Mathematics Komi Sciences Centre of the Russian Academy of Sciences Ural Branch" | http://www.komisc.ru/)

1065

Таганрог, ROS

НИИ МВС ЮФУ /SRI MCS SFU/ | Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем имени академика А.В. Каляева федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный федеральный университет" | Scientific Research Institute of Multiprocessor Computing Systems of the Southern Federal University | https://mvs.sfedu.ru/

1118

Тверь, TVE

ТвГУ /TverSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тверской государственный университет" | Tver State University | http://tversu.ru/)

1119

Томск, TOM

ТГПУ /TSPU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Томский государственный педагогический университет" | Tomsk State Pedagogical University | http://www.tspu.edu.ru/)

1138

ТГУ /TSU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Томский государственный университет" | National Research Tomsk State University | http://www.tsu.ru/)

1065, 1126, 1139

ТПУ /TPU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Томский политехнический университет" | National Research Tomsk Polytechnic University | http://tpu.ru/)

1065, 1107, 1119, 1126, 1127, 1129, 1136, 1137, 1138, 1139, 1149-2, 1150

Троицк, MOW

ИСАН /ISAN/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт спектроскопии Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of Spectroscopy of the Russian Academy of Sciences" | http://isan.troitsk.ru/)

1077

ИФВД РАН /HPPI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт физики высоких давлений им. Л.Ф. Верещагина Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science “Institute for High Pressure Physics of the Russian Academy of Sciences” | http://www.hppi.troitsk.ru/)

1149-2

ИЯИ РАН /INR RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт ядерных исследований Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences” | http://www.inr.ru/)

1065, 1087, 1088, 1097, 1099, 1117, 1118, 1119, 1130, 1135, 1136, 1138, 1146, 1148, 1149-2, 1149-3

ЛФМП ФИАН /LPP LPI RAS/ (Лаборатория фотомезонных процессов Отдела физики высоких энергий Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук" | Laboratory of Photomeson Processes Department of High-Energy Physics of Federal State Budgetary Institution of Science "P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences" | http://www.lebedev.ru/)

1097

Тула, TUL

ТулГУ /TulSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тульский государственный университет" | Tula State University | https://tulsu.ru/)

1119, 1139, 1146, 1149-2

Фрязино, MOS

Исток /Istok/ (Акционерное общество “Научно-производственное предприятие “Исток” им. А.И. Шокина” | JSC “Research and Production Corporation “ISTOK” named after Shokin” | https://istokmw.ru/)

1065

Хабаровск, KHA
ТОГУ /PNU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тихоокеанский государственный университет" | Pacific National University | http://pnu.edu.ru/)

1136

Челябинск, CHE
ЮУрГУ /SUSU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)" | South Ural State University | https://www.susu.ru/ru/)

1077, 1118, 1119, 1149-2

Черноголовка, MOS
ИСМАН РАН /ISMAN RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Merzhanov Institute of Structural Macrokinetics and Materials Science of the Russian Academy of Sciences" | http://www.ism.ac.ru/)

1087
ИТФ РАН /LITP RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "L.D. Landau Institute for Theoretical Physics of the Russian Academy of Sciences" | http://www.itp.ac.ru/)

1117, 1135, 1138
ИФТТ РАН /ISSP RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук” | Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Solid State Physics of the Russian Academy of Sciences” | http://issp.ac.ru/)

1131, 1149-2
СКЦ ИПХФ РАН /SCC IPCP RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Суперкомпьютерный центр Института проблем химической физики Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Supercomputer Centre of the Institute of Problems of Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences" | https://icp-ras.ru/)

1118

Якутск, SA
СВФУ /NEFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова" | North-Eastern Federal University in Yakutsk | http://www.s-vfu.ru/)

1139

Ярославль, YAR
ЯрГУ /YSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова" | P.G. Demidov Yaroslavl State University | https://www.uniyar.ac.ru)

1139

Румыния*

Бая-Маре, MM
TUCN-NUCBM (Технический университет г. Клуж-Напока, Северный университетский центр в г. Бая-Маре | Technical University of Cluj-Napoca, North University Center of Baia Mare | http://www.utcluj.ro/)

1146, 1149-2

Бухарест, B
IFIN-HH (Национальный институт исследований и разработок в области физики и ядерной инженерии имени Хории Хулубея | Horia Hulubei National Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering | http://www.ifin.ro/)

1087, 1088, 1096, 1136, 1146, 1149-3
IGR (Геологический институт Румынии | Geological Institute of Romania | https://igr.ro)

1146
INCDIE ICPE-CA (Национальный научно-исследовательский институт электротехники ICPE-CA | National Institute of Research and Development in Electrical Engineering ICPE-CA | http://www.icpe-ca.ro/)

1097, 1146
UB (Бухарестский университет | University of Bucharest | http://www.unibuc.ro/)

1136, 1137, 1146, 1149-2
UPB (Политехнический университет Бухареста | University Politehnica of Bucharest | http://www.upb.ro/)

1088

Галац, GL
DJUG (Университет "Dunărea de Jos" в Галац | "Dunarea de Jos" University of Galaţi | http://www.ugal.ro/)

1146

Клуж-Напока, CJ
INCDTIM (Национальный институт исследования и развития технологии молекулярных изотопов | National Institute for Research and Development of Isotopic and Molecular Technologies | http://www.itim-cj.ro/)

1146, 1149-3
RA BC-N (Филиал Румынской академии наук в Клуж-Напока | Romanian Academy Cluj-Napoca Branch | https://acad-cj.ro/)

1149-2
UBB (Университет Бабеш-Бойяи | Babeş-Bolyai University | http://www.ubbcluj.ro/)

1136, 1149-2, 1149-3
UTC-N (Технический университет Клуж-Напока | Technical University of Cluj-Napoca | http://utcluj.ro/)

1149-3

Констанца, CT
MINAC (Музей национальной истории и археологии Констанцы | Museum of National History and Archeology in Constanța | https://www.minac.ro/)

1149-2
UOC ("Овидий" Университет Констанцы | "Ovidius" University of Constanta | http://www.univ-ovidius.ro/)

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

1146

Мэгуреле, IF
ISS (Институт космических исследований | Institute of Space Science | https://www.spacescience.ro/)

1088, 1099, 1146

Орадя, BH
UO (Университет Орадя | University of Oradea | http://www.uoradea.ro/)

1146

Питешти, AG
ICN (Институт ядерных исследований в Питешти | Institute for Nuclear Research - Piteşti | http://www.nuclear.ro/)

1146

Рымнику-Вылча, VL
ICSI (Национальный научно-исследовательский институт криогенных и изотопных технологий | National Research and Development Institute for Cryogenic and Isotopic Technologies | http://www.icsi.ro/)

1146

Сибиу, SB
ULBS (Университет им.Лучиана Блага в Сибиу | "Lucian Blaga" University of Sibiu | https://www.ulbsibiu.ro/ro/)

1146

Тимишоара, TM
UVT (Западный университет Тимишоара | West University of Timişoara | http://www.uvt.ro/)

1137, 1146, 1149-2

Тырговиште, DB
VUT (Университет “Валахия” в Тырговиште | "VALAHIA" University of Târgovişte | http://www.valahia.ro/)

1146, 1149-3

Яссы, IS
NIRDTP (Национальный научно-исследовательский институт технической физики | National Institute of Research and Development for Technical Physics | http://www.phys-iasi.ro/)

1146, 1149-2
UAIC (Ясский университет им. А. И. Кузы | "Alexandru Ioan Cuza" University of Iaşi | http://www.uaic.ro/)

1146, 1149-2

Саудовская Аравия

Эр-Рияд, RUH
IMAMU | Исламский университет имама Мухаммеда ибн Сауда | Imam Mohammad Ibn Saud Islamic University | https://imamu.edu.sa/en

1138

Северная Македония

Скопье, SKP
UKiM (Университет Святых Кирилла и Мефодия в Скопье | Ss. Cyril and Methodius University in Skopje | http://www.ukim.edu.mk/)

1146

Сербия

Белград, BG
AOB (Белградская астрономическая обсерватория | Astronomical Observatory of Belgrade | https://www.aob.rs/)

1135, 1148
IBISS (Институт биологических исследований "Синиша Станкович" | Institute for Biological Research "Siniša Stanković" | https://www.ibiss.bg.ac.rs)

1077
IORS (Институт онкологии и радиологии Сербии | Institute of Oncology and Radiology of Serbia | https://www.ncrc.ac.rs/)

1077
IPB (Институт физики Белградского университета | Institute of Physics Belgrade of the University of Belgrade | https://www.ipb.ac.rs/en)

1136, 1146
MI SANU | Математический институт Сербской академии наук и искусств | Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts | https://www.mi.sanu.ac.rs/

1138
NMS | Национальный музей Сербии | National Museum of Serbia | https://www.narodnimuzej.rs/

1146
UB (Белградский университет | University of Belgrade | http://www.bg.ac.rs/)

1077, 1119, 1138, 1146, 1147
VINCA (Институт ядерных наук "Винча" | "Vinca" Institute of Nuclear Sciences | http://www.vin.bg.ac.rs/)
1065, 1066, 1077, 1083, 1119, 1129, 1131, 1135, 1137, 1146, 1149-2

Ниш, NI
Ун-т /Univ./ (Нишский университет | University of Niš | https://www.ni.ac.rs/en)

1117, 1138

Нови-Сад, VO
TFNS | Технологический факультет Нови Сад Университета Нови Сад | Faculty of Technology Novi Sad of University of Novi Sad | https://www.tf.uns.ac.rs/en

1146
UNS (Нови-Садский университет | University of Novi Sad | http://www.uns.ac.rs/)

1066, 1126, 1129, 1139, 1146, 1149-2

Сремска Каменица, VO
Educons Univ. (Университет Эдуконс | Educons University | https://educons.edu.rs/)

1139

Словакия*

Банска-Бистрица, BC
UMB (Университет Матея Бела | Matej Bel University | http://www.umb.sk/)

1086

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

Братислава, BL
CU (Университет им. Коменского в Братиславе | Comenius University in Bratislava | http://uniba.sk/)
1077, 1081, 1088, 1096, 1099, 1100, 1135, 1136, 1137, 1146, 1148
IEE SAS (Электротехнический институт Словацкой академии наук | Institute of Electrical Engineering of the Slovak Academy of Sciences | http://www.elu.sav.sk/)

1146
IP SAS (Институт физики Словацкой академии наук | Institute of Physics of the Slovak Academy of Sciences | http://www.fu.sav.sk/)

1066, 1081, 1087, 1097, 1135, 1136

Жилина, ZI
UNIZA (Жилинский университет | University of Žilina | http://www.uniza.sk/)

1097

Кошице, KI
IEP SAS (Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук | Institute of Experimental Physics of the Slovak Academy of Sciences | https://websrv.saske.sk/uef/en/)

1088, 1097, 1137, 1149-2
TUKE (Технический университет в Кошице | Technical University of Košice | http://www.tuke.sk/)

1088
UPJS (Университет Павла Йозефа Шафарика в Кошице | Pavol Jozef Šafárik University in Košice | http://www.upjs.sk/)

1065, 1066, 1087, 1088, 1097, 1119, 1137

Нова Дубница, TC
EVPU (АО “Электротехническая проектно-исследовательская компания” г. Нова Дубница | JSC "Electrotechnical Research and Projecting Company Nová Dubnica" | http://www.evpu.sk/)

1065

Словения

Любляна, LJU
GeoSS (Геологическая служба Словении | Geological Survey of Slovenia | http://www.geo-zs.si/)

1146

США

Айдахо-Фоллс, ID
INEEL (Национальная лаборатория по инженерным разработкам и окружающей среде | Idaho National Engineering and Environmental Laboratory | http://www.inl.gov/)

1100

Айова-Сити, IA
UIowa (Айовский университет | University of Iowa | https://uiowa.edu/)

1083

Аптон, NY
BNL (Брукхейвенская национальная лаборатория | Brookhaven National Laboratory | http://www.bnl.gov/)

1066, 1096, 1097

Арлингтон, TX
UTA (Университет шт. Техас в Арлингтоне | University of Texas Arlington | http://www.uta.edu/)

1119

Балтимор, MD
JHU (Университет Дж. Хопкинса | Johns Hopkins University | http://www.jhu.edu/)

1083

Батавия, IL
Fermilab (Национальная ускорительная лаборатория им. Э. Ферми | Fermi National Accelerator Laboratory | http://www.fnal.gov/)

1083, 1099, 1151

Беркли, CA
Berkeley Lab (Национальная лаборатория им. Э. Лоуренса в Беркли Калифорнийского университета | Lawrence Berkeley National Laboratory of the University of California | http://www.lbl.gov/)

1065, 1066, 1088
UC (Университет шт. Калифорния | University of California | http://www.universityofcalifornia.edu/)

1088, 1149-2

Блумингтон, IN
IU (Индианский университет в Блумингтоне | Indiana University Bloomington | http://www.iub.edu/)

1066

Бостон, MA
BU (Бостонский университет | Boston University | http://www.bu.edu/)

1083, 1096
NU (Северо-восточный университет | Northeastern University | http://www.northeastern.edu/)

1083

Боулдер, CO
CU (Университет шт. Колорадо в Боулдере | University of Colorado at Boulder | http://www.colorado.edu/)

1083

Буффало, NY
UB (Университет штата Нью-Йорк в Буффало | University at Buffalo of the State University of New York | http://www.buffalo.edu/)

1083

Вильямсбург, VA
W&M (Колледж Вильгельма и Марии | College of William & Mary | http://www.wm.edu/)

1097, 1099

Гейнсвилл, FL
UF (Университет Флориды | University of Florida | http://www.ufl.edu/)

1083

Дарем, NC
Duke (Университет Дьюка | Duke University | http://www.duke.edu/)

1146

Дейвис, CA
UC Davis (Университет шт. Калифорния в Дейвисе | University of California, Davis | http://ucdavis.edu/)

1083

Детройт, MI
WSU (Университет Уэйна | Wayne State University | http://wayne.edu/)

1083, 1088

Дулут, MN
UMD | Университет Миннесоты в Дулуте | University of Minnesota Duluth | https://d.umn.edu/

1099

Ирвайн, CA
UCI (Калифорнийский университет в Ирвайне | University of California, Irvine | http://www.uci.edu/)

1137

Итака, NY
Cornell Univ. (Корнеллский университет | Cornell University | http://www.cornell.edu/)

1083

Кембридж, MA
MIT (Массачусетский технологический институт | Massachusetts Institute of Technology | http://www.mit.edu/)

1083, 1086, 1100

Кент, WA
KSU (Кентский университет | Kent State University | http://www.kent.edu/)

1066

Колледж-Стэйшн, TX
Texas A&M (Техасский университет A&M | Texas A&M University | http://www.tamu.edu/)

1083

Колледж-Парк, MD
UMD (Мэрилендский университет в Колледж-Парке | University of Maryland | http://www.umd.edu/)

1083, 1138

Колумбус, OH
OSU (Университет шт. Огайо | Ohio State University | http://www.osu.edu/)

1083, 1088

Лаббок, TX
TTU (Техасский технологический университет | Texas Tech University | http://www.ttu.edu/)

1083

Лемонт, IL
ANL (Аргонская национальная лаборатория Министерства энергетики | Argonne National Laboratory of the Department of Energy | http://www.anl.gov/)

1066, 1081

Ливермор, CA
LLNL (Ливерморская национальная лаборатория им. Э. Лоуренса | Lawrence Livermore National Laboratory | http://www.llnl.gov/)

1083

Линкольн, NE
UNL (Университет Небраски-Линкольна | University of Nebraska-Lincoln | http://www.unl.edu/)

1083

Лоренс, KS
KU (Канзасский университет | University of Kansas | http://www.ku.edu/)

1083

Лос-Аламос, NM
LANSCE LANL (Лос-Аламосский нейтронный научный центр национальной лаборатории Лос-Аламоса | Los Alamos Neutron Science Center of Los Alamos National Laboratory of the Department of Energy | http://www.lanl.gov/)

1085, 1088, 1146

Лос-Анджелес, CA
UCLA (Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе | University of California, Los Angeles | http://www.ucla.edu/)

1083

Мадисон, WI
UW-Madison (Висконсинский университет в Мадисоне | University of Wisconsin-Madison | http://www.wisc.edu/)

1083

Манхеттен, KS
KSU (Канзасский университет | Kansas State University | https://www.k-state.edu/)

1083

Менло-Парк, CA
SLAC (Стэнфордский центр линейного ускорителя Национальной ускорительной лаборатории | Stanford Linear Accelerator Center of National Accelerator Laboratory | http://www6.slac.stanford.edu/)

1096

Мерсед, CA
UCMerced (Калифорнийский университет в Мерседе | University of California, Merced Madison | http://www.ucmerced.edu/)

1096

Миннеаполис, MN
U of M (Миннесотский университет кампус Twin Cities | University of Minnesota Twin Cities Campus | http://twin-cities.umn.edu/)

1083, 1099

Мобил, AL
USA | Университет Южной Алабамы | University of South Alabama | https://www.southalabama.edu/

1099

Нашвилл, TN
VU (Университет Вандербильта | Vanderbilt University | http://www.vanderbilt.edu/)

1083

Ноксвилл, TN
UTK (Университет шт. Теннесси в Ноксвилле | University of Tennessee of Knoxville | http://www.utk.edu/)

1083, 1088

Норфолк, VA
NSU (Норфолкский университет | Norfolk State University | http://www.nsu.edu/)

1097

Нотр-Дам, IN
ND (Университет Нотр-Дам | University of Notre Dame | https://www.nd.edu/)

1083, 1136

Нью-Брансуик, NJ
RU NB (Ратгерский университет в Нью-Брансуик | Rutgers University New Brunswick | https://newbrunswick.rutgers.edu/)

1083

Нью-Йорк, NY
CUNY (Городской университет Нью-Йорка | City University of New York | https://www.cuny.edu/)

1138
RU (Рокфеллеровский университет | Rockefeller University | http://www.rockefeller.edu/)

1083
SUNY (Университет штата Нью-Йорк | State University of New York | http://www.suny.edu/)

1138

Ньюпорт-Ньюс, VA
JLab (Национальная ускорительная лаборатория им. Т. Джефферсона | Thomas Jefferson National Accelerator Facility (Jefferson Lab) | http://www.jlab.org/)

1097

Нью-Хейвен, CT
Yale Univ. (Йельский университет | Yale University | http://www.yale.edu/)

1066, 1088

Ок-Ридж, TN
ORNL (Оук-Риджская национальная лаборатория | Oak Ridge National Laboratory | http://www.ornl.gov/)

1088, 1146

Оксфорд, MS
UM (Университет Миссисипи | University of Mississippi | http://www.olemiss.edu/)

1083

Омаха, NE
Creighton Univ. (Крейтонский университет | Creighton University | https://www.creighton.edu/)

1088

Остин, TX
UT (Техасский университет в Остине | University of Texas at Austin | http://www.utexas.edu/)

1088, 1100

Пасадена, CA
Caltech (Калифорнийский технологический институт | California Institute of Technology | http://www.caltech.edu/)

1083, 1099, 1137

Питтсбург, PA
CMU (Университет Карнеги-Меллон | Carnegie Mellon University http://www.cmu.edu/)

1083

Принстон, NJ
PU (Принстонский университет; Физическая лаборатория им. Дж. Генри | Princeton University; Joseph Henry Laboratories of Physics | http://www.princeton.edu/)

1083

Провиденс, RI
Brown (Брауновский университет | Brown University | https://www.brown.edu/)

1083

Риверсайд, CA
UCR (Калифорнийский университет в Риверсайде | University of California, Riverside | http://www.ucr.edu/)

1083

Рочестер, NY
UR (Рочестерский университет | University of Rochester | http://www.rochester.edu/)

1083

Сан-Диего, CA
SDSU (Университет штата Калифорния в Сан-Диего | San Diego State University | http://www.sdsu.edu/)

1083

Сан-Луис-Обиспо, CA
Cal Poly (Калифорнийский политехнический университет | California Polytechnic State University | https://www.calpoly.edu/)

1088

Санта-Барбара, CA
UCSB (Калифорнийский университет в Санта-Барбаре | University of California, Santa Barbara | https://www.universityofcalifornia.edu/)

1083

Стони-Брук, NY
SUNY (Университет шт. Нью-Йорк в Стони-Брук | State University of New York at Stony Brook | http://www.stonybrook.edu/)

1066

Таллахасси, FL
FSU (Университет шт. Флорида | Florida State University | http://www.fsu.edu/)

1083

Тампа, FL
USF (Университет Южной Флориды | University of South Florida | https://www.usf.edu/)

1132

Таскалуса, AL
UA (Алабамский университет | University of Alabama | http://www.ua.edu/)

1100

Уэйко, TX
BU (Бэйлорский университет | Baylor University | http://www.baylor.edu/)

1083, 1135

Уэст-Лафейетт, IN
Purdue Univ. (Университет Пердью | Purdue University | http://www.purdue.edu/)

1083, 1088

Фейрфакс, VA
GMU (Университет им. Джорджа Мэйсона | George Mason University | http://www.gmu.edu/)

1096

Филадельфия, PA
Penn (Пенсильванский университет | University of Pennsylvania | http://www.upenn.edu/)

1138

Хьюстон, TX
Rice Univ. (Университет Уильяма Марша Райса | William Marsh Rice University | http://www.rice.edu/)

1083
UH (Хьюстонский университет | University of Houston | http://www.uh.edu/)

1088

Цинциннати, OH
UC (Университет в Цинциннати | University of Cincinnati | http://www.uc.edu/)

1083

Чапел-Хилл, NC
UNC (Университет Северной Каролины в Чапел-Хилле | University of North Carolina at Chapel Hill | https://www.unc.edu/)

1100

Чикаго, IL
CSU (Чикагский университет | Chicago State University | https://www.csu.edu/)

1088
UIC (Иллинойсский университет в Чикаго | University of Illinois at Chicago | http://www.uic.edu/)

1066, 1083

Шарлотсвилл, VA
UVa (Виргинский университет | University of Virginia | http://www.virginia.edu/)

1083

Эванстон, IL
NU (Северо-западный университет | Northwestern University | http://www.northwestern.edu/)

1083, 1100

Юниверсити-Парк, PA
Penn State (Университет шт. Пенсильвания | Pennsylvania State University | http://www.psu.edu/)

1066, 1136

Таджикистан

Душанбе, DU
НАНТ /NAST/ (Национальная академия наук Республики Таджикистан | National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan | https://amit.tj/en)

1149-2
ТТУ /TTU/ (Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими | Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi | https://web.ttu.tj/en)

1149-2
ФТИ НАНТ /PHTI NAST/ (Физико-технический институт им. С.У. Умарова Национальной академии наук Республики Таджикистан | S.U. Umarov Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan | http://www.phti.tj/)

1149-2

Худжанд, SU
ХГУ /KSU/ (Худжантский государственный университет им. академика Б. Гафурова | Khujand State University | http://www.hgu.tj/)

1119

Таиланд

Бангкок, BKK
KMUTT (Технологический университет короля Монгкута Тонбури | King Mogkut's University of Technology Thonburi | https://global.kmutt.ac.th/)

1088

Накхонратчасима, NMA
SLRI (Исследовательский институт синхротронного света Министерства науки и технологий | Synchrotron Light Research Institute of the Ministry of Science and Technology | https://www.slri.or.th/en/)

1088
SUT (Суранарийский технологический университет | Suranaree University of Technology | http://www.sut.ac.th/)

1088

Хатъяй, HDY
PSU (Университет принца Сонгкла | Prince of Songkla University | http://www.psu.ac.th/)

1146

Чаченгсау, CCS
TMEC (Тайский Центр Микроэлектроники | Thai Microelectronics Center | http://tmec.nectec.or.th/)

1088

Тайвань

Тайбэй, TPE
NTU (Национальный университет Тайваня | National Taiwan University | http://www.ntu.edu.tw/)

1083

Таоюань, TAO
NCU (Национальный центральный университет | National Central University | http://www.ncu.edu.tw/)

1083

Тунис

Тунис, TUN
ААЭА (Арабское агентство по атомной энергии | Arab Atomic Energy Agency | http://www.aaea.org.tn/)

1037, 1139

Турция

Адана, ADA
CU (Университет Чукурова | Çukurova University | http://www.cu.edu.tr/)

1083

Анкара, ANK
METU (Ближневосточный технический университет | Middle East Technical University | http://www.metu.edu.tr/)

1083, 1099

Бандырма, BDM
BANÜ | Университет Бандырма Оньеди Эйлюль | Bandırma Onyedi Eylül Üniversites | https://www.bandirma.edu.tr/

1146

Измир, IZM
NBE EGE | Институт ядерных наук Эгейского университета | Institute of Nuclear Sciences of Ege University | https://nbe.ege.edu.tr/

1146

Конья, KYA
Karatay Univ. (Университет Каратай | KTO Karatay University | https://www.karatay.edu.tr/)

1088

Стамбул, IST
BU (Босфорский университет | Boğaziçi University | http://www.boun.edu.tr/)

1083
IU (Стамбульский университет | Istanbul University| http://www.istanbul.edu.tr/)

1088
YTU (Технический университет Йылдыз | Yuldiz Technical University | http://www.yildiz.edu.tr/en/)

1083, 1088

Чанаккале, CKZ
ÇOMU (Университет 18 марта Чанаккале | Çanakkale Onsekiz Mart University | http://www.comu.edu.tr/)

1146

Узбекистан

Джизак, JI
ДжГПУ /JDPU/ (Джизакский государственный педагогический университет | Jizzakh State Pedagogical University | https://jdpu.uz/)

1087
ДФНУУ /JBNUU/ (Джизакский филиал Национального университета Узбекистана им. Мирзо Улугбека | Jizzakh Branch of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek | http://nuu.uz/)

1147

Наманган, NG
НамИТИ /NamMTI/ (Наманганский инженерно-технологический институт | Namangan Institute of Engineering and Technology | http://nammti.uz/)

1136

Паркент, TO
ИМ ФТИ "Физика-Солнце" /IMS PTI "Physics-Sun"/ (Институт Материаловедения ФТИ НПО "Физика-Солнце" Академии наук Республики Узбекистан | Institute of Materials Science of the Physical Technical Institute of the Scientific and Production Association “Physics-Sun” of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan | https://imssolar.uz/)

1077, 1087

Самарканд, SA
СамГУ /SamSU/ (Самаркандский государственный университет им. Шарофа Рашидова | Samarkand State University named after Sharof Rashidov | https://www.samdu.uz/)

1087, 1136, 1139, 1151

Ташкент, TK
АН РУз /AS RUz/ (Академия наук Республики Узбекистан | Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan | http://www.academy.uz/)

1118, 1139

ИС АН РУз /IS AS RUz/ (Институт сейсмологии им. Г. А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан | Institute of Seismology named after G. A. Mavlyanov of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan | https://www.seismos.uz/)

1126
ИЯФ АН РУз /INP AS RUz/ (Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан | Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan | http://www.inp.uz/)
1077, 1100, 1107, 1118, 1119, 1127, 1136, 1146, 1149-2, 1149-3, 1149-4
НИИПФ НУУз /IAP NUU/ (Научно-исследовательский институт прикладной физики Национального университета Узбекистана им. Мирзо Улугбека | Institute of Applied Physics of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek | http://nuu.uz/)

1136
ТашГТУ /TashSTU/ (Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова |Tashkent State Technical University | http://tdtu.uz/)

1139
ФТИ “Физика-Солнце” /PTI "Physics-Sun"/ (Физико-технический институт НПО “Физика-Солнце” им. академика С.А. Азимова Академии наук Республики Узбекистан | Physical Technical Institute of the Scientific and Production Association “Physics-Sun” named after S.A. Azimov of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan | http://www.fti.uz/)

1065, 1119, 1136, 1146

Финляндия

Йювяскюля, JYV
UJ (Университет Йювяскюля | University of Jyväskylä | http://www.jyu.fi/)

1088

Лаппеэнранта, LPP
LUT (Технологический университет Лаппеэнранта | Lappeenranta-Lahti University of Technology | https://www.lut.fi/)

1083

Оулу, OUL
UO MRU (Исследовательское подразделение микроэлектроники факультета информационных технологий Университета Оулу | Microelectronics Research Unit (MIC) of the Faculty of Information Technology of the University of Oulu | http://www.oulu.fi/en/)

1146

Хельсинки, HEL
HIP (Хельсинский институт физики | Helsinki Institute of Physics | http://www.hip.fi/)

1083, 1088
UH (Хельсинский университет | University of Helsinki | http://www.helsinki.fi)

1083, 1137

Франция

Бордо, NAQ
LP2i (Физическая лаборатория двух бесконечностей Бордо | Laboratoire de Physique des Deux Infinis de Bordeaux | https://www.lp2ib.in2p3.fr/)

1100

UB (Университет Бордо | University of Bordeaux | http://www.u-bordeaux.fr/)

1137

Вийёрбан, ARA

CC IN2P3 (Вычислительный центр IN2P3 | IN2P3 Computing Center | https://cc.in2p3.fr/)

1088

Гренобль, ARA

CNRS (Национальный центр научных исследований | National Centre for Scientific Research | http://www.cnrs.fr/)

1100

IBS (Институт структурной биологии | Institute of Structural Biology | http://www.ibs.fr/)

1149-2

ILL (Институт Лауэ-Ланжевена | Institute Laue-Langevin | http://www.ill.eu/)

1100, 1146, 1149-2, 1149-4

LPSC (Лаборатория субатомной физики и космологии | Laboratory of Subatomic Physics and Cosmology | http://lpsc.in2p3.fr/)

1088, 1146

Жив-сюр-Иветт, IDF

Irfu (Исследовательский институт изучения фундаментальных законов Вселенной Комиссариата по атомной и альтернативным видам энергии | Institute of Research into the Fundamental Laws of the Universe of French Alternative Energies and Atomic Energy Commission | http://irfu.cea.fr/)

1083, 1088, 1097, 1119, 1135

LLB (Лаборатория Леона Бриллюэна | Léon Brillouin Laboratory CEA-CNRS | http://www-llb.cea.fr/)

1146

Кан, PAC

GANIL (Национальный большой ускоритель тяжелых ионов | Grand National Heavy Ion Accelerator | http://www.ganil-spiral2.eu/)

1136

UNICAEN (Университет Кан-Нормандия | University of Caen Normandy | http://www.unicaen.fr/)

1136

Лион, ARA

LPENSL (Лаборатория физики Высшей нормальной (педагогической) школы Лиона | Physics Laboratory of Ecole Normale Supérieure de Lyon | https://www.ens-lyon.fr/PHYSIQUE/)

1138

UL (Лионский университет | Universite de Lyon | http://www.universite-lyon.fr/)

1083, 1088, 1100

Марсель, PAC

CPPM (Центр физики элементарных частиц Марселя | Centre of Particle Physics Marseille | https://www.cppm.in2p3.fr)

1096, 1118

CPT (Центр теоретической физики | Centre of Theoretical Physics | http://www.cpt.univ-mrs.fr/)

1137, 1138

Мец, GES

LPCT UL | Лаборатория теоретической физики и химии Университета Лотарингии - CNRS, технопольный кампус | Laboratory of Theoretical Physics and Chemistry of the University of Lorraine - CNRS, campus Technopôle | https://lpct.cnrs.fr

1119

UL Metz | Университет Лотарингии, Центральный и Большой Мец | University of Lorraine, Central and Greater Metz | https://www.univ-lorraine.fr/en/the-universite-de-lorraine/central-and-greater-metz/

1136

Модан, ARA

LSM LPSC (Подземная лаборатория Модана Лаборатории субатомной физики и космологии | Modane Underground Laboratory of Laboratory of Subatomic Physics and Cosmology | http://www-lsm.in2p3.fr/)

1100

Нант, PDL

Subatech (Лаборатория субатомной физики и сопутствующих технологий | Subatomic Physics Laboratory and Associated Technologies | http://www-subatech.in2p3.fr/)

1066, 1088, 1138

Обьер, ARA

LPCA (Лаборатория физики Клермон-Оверни | Laboratoire de Physique de Clermont Auvergne | https://lpca.in2p3.fr/?lang=en)

1081, 1088

Орсе, IDF

IJCLab (Лаборатория физики двух бесконечностей Ирэн Жолио-Кюри | Laboratory of the Physics of the two infinities Irène Joliot-Curie | https://www.ijclab.in2p3.fr/)

1081, 1088, 1097, 1100, 1130, 1136

Париж, IDF

ENS (Высшая нормальная (педагогическая) школа Парижа | École Normale Supérieure Paris | http://www.ens.fr/)

1135, 1138

IHP (Институт Анри Пуанкаре | Institute Henri Poincaré | https://www.ihp.fr/en)

1135

IN2P3 (Национальный институт ядерной физики и физики частиц | National Institute of Nuclear Physics and Physics Particles | http://www.in2p3.cnrs.fr/)

1083, 1144

LPTHE (Лаборатория теоретической физики и высоких энергий Университета Сорбонны | Laboratory of Theoretical Physics and High Energy of Sorbonne University | http://lpthe.jussieu.fr/)

1099

LUTH (Лаборатория Вселенной и теорий Парижской обсерватории и Университета Париж Сите | Laboratory Universe and Theories of Paris Observatory and Université de Paris Cité | https://luth.obspm.fr/?lang=en)

1138

Сен-Поль-ле-Дюранс

CEA Cadarache (Исследовательский центр энергетического перехода Кадараш Комиссариата по атомной и альтернативным видам энергии | Energy Transition Research Center Cadarache of French

Alternative Energies and Atomic Energy Commission | http://cadarache.cea.fr/cad)

1146

Страсбург, GES
IPHC (Междисциплинарный институт Юбера Кюрьена Страсбургского университета - IN2P3/CNRS | Hubert Curien Multidisciplinary Institute of the University of Strasburg - IN2P3/CNRS | http://www.iphc.cnrs.fr/)

1083, 1088, 1099, 1130

Тур, CVL
UT (Турский университет | University of Tours | http://www.univ-tours.fr/)

1138

Хорватия

Загреб, ZAG
OIKON (Институт прикладной экологии | Limited Trade Development Oikon Institute for Applied Ecology | http://www.oikon.hr/)

1146
RBI (Институт Руджера Бошковича | Rudjer Boskovic Institute | http://www.irb.hr/)

1083, 1088, 1135, 1146
UNIZIG (Загребский университет | University of Zagreb | https://www.unizg.hr/homepage/)

1088

Сплит, SPU
UNIST (Сплитский университет | University of Split | http://www.unist.hr/)

1083, 1088

ЦЕРН

Женева, CH
ЦЕРН /CERN/ (Европейская организация по ядерным исследованиям | European Organization for Nuclear Research | http://home.cern/)

1081, 1083, 1085, 1088, 1096, 1099, 1118, 1119, 1138, 1146

Черногория

Подгорица
UCG (Университет Черногории | University of Montenegro | http://www.ucg.ac.me/)

1083

Чехия*

Прага, PR
CTU (Чешский технический университет в Праге | Czech Technical University in Prague | http://www.cvut.cz/)

1085, 1100, 1126, 1138, 1146, 1148, 1149-2
CU (Карлов университет в Праге | Charles University in Prague | http://www.cuni.cz/)

1085, 1099, 1100, 1136, 1144
IG CAS (Институт геологии Академии наук Чешской Республики | Institute of Geology of the Czech Academy of Sciences | http://www.gli.cas.cz/)

1149-2
IP CAS (Институт физики Академии наук Чешской Республики | Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences | http://www.fzu.cz/)

1149-2

Ржеж, ST
CVR (Исследовательский центр Ржеж | Centrum výzkumu Řež - Research centre Řež | http://cvrez.cz/)

1146
NPI CAS (Институт ядерной физики Академии наук Чешской Республики | Nuclear Physics Institute of the Czech Academy of Sciences | http://www.ujf.cas.cz/)

1066
ÚJV Řež (Акционерное Общество "Институт ядерных исследований Ржеж" | JSC "Nuclear Research Institute Řež" | https://www.ujv.cz/en)

1149-3

Чили

Арика, AP
UTA (Университет Тарапака | University of Tarapacá | https://www.uta.cl)

1135

Вальпараисо, VS
USM (Технический университет Федерико Санта Мария | Federico Santa María Technical University | http://www.usm.cl/

1065, 1096

Сантьяго, RM
UNAB CTEPP (Теоретический и экспериментальный центр физики элементарных частиц Национального Университета Андреса Белло | Theoretical and Experimental Center for Particle Physics of Andrés Bello National University | https://www.unab.cl/en/)

1096, 1135, 1150

Швейцария

Берн, BE
UNIBE (Бернский университет | University of Bern | http://www.unibe.ch/)

1099

Лозанна, VD
EPFL (Федеральная политехническая школа Лозанны | Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne | http://www.epfl.ch/)

1096, 1099

Филлиген, AG
PSI (Институт Пауля Шеррера | Paul Scherrer Institute | http://www.psi.ch/)

1083, 1100, 1146, 1149-2, 1151

Цюрих, ZH
ETH (Швейцарская высшая техническая школа Цюриха | Swiss Federal Institute of Technology Zurich | http://www.ethz.ch/)

1083, 1096
UZH (Цюрихский университет | University of Zurich | http://www.uzh.ch/)

1083, 1100

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

Швеция

Гётеборг, O
Chalmers (Технический университет Уильяма Чалмерса | Willam Chalmers University of Technology | http://www.chalmers.se/)

1136

Лунд, M
ESS ERIC (Европейский источник расщепления нейтронов Европейского консорциума исследовательской инфраструктуры | European Spallation Source of European Research Infrastructure Consortium | https://ess.eu/)

1149-3, 1149-4
LU (Лундский университет | Lund University | http://www.lu.se/)

1088, 1136

Стокгольм, AB
KTH (Королевский технологический институт | Royal Institute of Technology | http://www.kth.se/)

1135
SU (Стокгольмский университет | Stockholm University | http://www.su.se/)

1137

Уппсала, C
TSL (Лаборатория Сведберга Уппсальского университета | Svedberg Laboratory of the Uppsala University | http://www.tsl.uu.se/)

1097

Шри-Ланка

Моратува, MOR
UOM (Университет Моратува | University of Moratuwa | https://uom.lk/)

1088

ЮАР

Белвилл, WC
CPUT | Технологический университет Капского полуострова | Cape Peninsula University of Technology | https://www.cput.ac.za

1077, 1131
UWC (Университет Западной Капской провинции | University of the Western Cape | http://www.uwc.ac.za/)

1077, 1131, 1139, 1146

Гцгебеха, EC
NMU (Университет Нельсона Манделы | Nelson Mandela University | http://www.mandela.ac.za/)

1129, 1131

Дурбан, NL
UKZN (Университет Квазулу-Натал | University of KwaZulu-Natal | https://www.ukzn.ac.za/)

1131

Йоханнесбург, GT
UJ (Йоханнесбургский университет | University of Johannesburg | http://www.uj.ac.za/)

1130
WITS (Университет Витватерсранда | University of the Witwatersrand | http://www.wits.ac.za/)

1088, 1136

Кейптаун, WC
iThemba LABS (Лаборатория iThemba для исследований на основе ускорителей | iThemba Laboratory for Accelerator Based Sciences | http://www.tlabs.ac.za/)
1037, 1065, 1077, 1088, 1107, 1118, 1119, 1127, 1129, 1130, 1131, 1136, 1139, 1149-2
UCT (Кейптаунский университет | University of Cape Town | http://www.uct.ac.za/)

1077, 1088, 1118, 1119

Мтата, EC
WSU (Университет Уолтера Сисулу | Walter Sisulu University | https://www.wsu.ac.za/)

1131

Претория, GT
Necsa (Южно-Африканская корпорация по атомной энергии | South African Nuclear Energy Corporation | http://www.necsa.co.za/)

1149-2
TUT (Технологический университет Тшване | Tshwane University of Technology | https://www.tut.ac.za/)

1131
UNISA (Университет Южной Африки | University of South Africa | http://www.unisa.ac.za/)

1130, 1131, 1137, 1139, 1146
UP (Преторийский университет | University of Pretoria | http://up.ac.za/)

1131, 1136, 1149-2

Ричардс-Бей, NL
UNIZULU (Университет Зулуленда | University of Zululand | https://www.unizulu.ac.za/)

1127

Стелленбос, WC
SU (Стелленбосский университет | Stellenbosch University | http://www.sun.ac.za/)

1065, 1107, 1129, 1131, 1136, 1139, 1146

Фандербейлпарк, GT
VUT (Ваальский Технологический Университет | Vaal University of Technology | https://www.vut.ac.za)

1129, 1131

Япония

Вако, WOT
RIKEN (Институт физико-химических исследований RIKEN | RIKEN Institute of Physical and Chemical Research | https://www.riken.jp/)

1088, 1097

Йокогама, YOK
Keio Univ. (Университет Кэйо в Йокогаме (Ягами кампус) | Keio University in Yokohama (Yagami Campus) | http://www.keio.ac.jp/)

1138

Киото, UKI
KSU (Университет Киото Сангё | Kyoto Sangyo University | http://www.kyoto-su.ac.jp/)

1146

Кобе, UKB
Kobe Univ. (Университет Кобе | Kobe University | http://www.kobe-u.ac.jp/)

1136

Мориока, MMO
Iwate Univ. (Университет Иватэ | Iwate University | http://www.iwate-u.ac.jp/)

1136

Нагасаки, NGS
NIAS (Институт прикладных наук Нагасаки | Nagasaki Institute of Applied Sciences | https://nias.ac.jp/)

1088

Нагоя, NGO
Nagoya Univ. (Нагойский университет | Nagoya University | http://www.nagoya-u.ac.jp/)

1099

Нара, QNZ
NWU (Нарский Женский университет | Nara Women's University | https://www.nara-wu.ac.jp/nwu/en/)

1088

Окинава, NAH
OIST (Окинавский институт науки и технологий | Okinawa Institute of Science and Technology | https://www.oist.jp)

1138

Осака, OSA
RCNP (Исследовательский центр ядерной физики Университета Осаки | Research Center for Nuclear Physics of Osaka University | http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/)

1088, 1136
UOsaka (Осакский университет | Osaka University | http://www.osaka-u.ac.jp/)

1100, 1136, 1144

Сага, SGA
Saga Univ. (Сага университет | Saga University | http://www.saga-u.ac.jp/)

1088

Сендай, SDJ
IMRAM Tohoku | Институт междисциплинарных исследований перспективных материалов, Университет Тохоку | Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University | https://www2.tagen.tohoku.ac.jp/en/

1119, 1136

Токай, TOK
JAEA (Агентство по атомной энергии Японии | Japan Atomic Energy Agency | http://www.jaea.go.jp/)

1088, 1099

Токио, TYO
Keio Univ. (Университет Кэйо в Минато (Мита кампус) | Keio University in Minato (Mita Campus) | http://www.keio.ac.jp/)

1138, 1149-2

Nihon Univ. (Университет Нихон | Nihon University | http://www.nihon-u.ac.jp/)

1065
Toho Univ. (Университет Тохо | Toho University | http://www.toho-u.ac.jp/)

1099
TUS | Токийский университет науки | Tokyo University of Science | https://www.tus.ac.jp/en/

1138
UTokyo CNS | Центр ядерных исследований Токийского университета | Center for Nuclear Study University of Tokyo | https://www.cns.s.u-tokyo.ac.jp/en/

1088
UTokyo ICEPP (Международный центр физики элементарных частиц Токийского университета | International Center for Elementary Particle Physics, University of Tokyo | https://icepp.s.u-tokyo.ac.jp/en/)

1151
Waseda Univ. (Университет Васэда | Waseda University | http://www.waseda.jp/)

1149-2

Уцуномия, UTN
UU (Университет Уцуномии | Utsunomiya University | http://www.utsunomiya-u.ac.jp/)

1137

Фукуока, FUK
Kyushu U (Университет Кюсю | Kyushu University | http://www.kyushu-u.ac.jp/)

1099, 1144

Хиросима, HIJ
HU (Университет Хиросимы | Hiroshima University | http://www.hiroshima-u.ac.jp/)

1088

Цукуба, TKB
KEK (Организация по изучению высокоэнергетических ускорителей | High Energy Accelerator Research Organization | http://www.kek.jp/)

1144, 1146
Ун-т /Univ./ (Университет Цукубы | University of Tsukuba | http://www.tsukuba.ac.jp/)

1088

Цуруга, TRG
WERC (Центр энергетических исследований Вакаса Ван | Wakasa Wan Energy Research Centre | https://www.werc.or.jp/)

1100

Ямагата, YGT
YU (Университет Ямагата | Yamagata University | http://www.yamagata-u.ac.jp/)

1085