ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ И МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА 2026 ГОД

Дубна 2025

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, 2025

Содержание

Перечень проектов и подпроектов **6**

Крупная научно-исследовательская инфраструктура ОИЯИ **11**

02-1-1065-2007/**2026** 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., Сорин А.С., Трубников Г.В.

02-2-1148-2010/2028 Baikal-GVD 27
Байкальский глубоководный нейтринный телескоп гигатонного объема
Белолаптиков И.А.

06-6-1118-2014/2030 МИВК 29
Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс
Кореньков В.В., Шматов С.В.

03-5-1129-2017/2028 DRIBs-III 38
Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР
Калагин И.В., Сидорчук С.И.

04-4-1149-2024/2028 Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров 41
Лычагин Е.В.

Теоретическая физика (01) **63**

01-3-1135-2019 Фундаментальные взаимодействия полей и частиц 64
Казаков Д.И., Теряев О.В.

01-3-1136-2019 Теория ядерных систем 78
Антоненко Н.В., Джиоев А.А., Ершов С.Н.

01-3-1137-2019 Теория сложных систем и перспективных материалов 90
Осипов В.А., Поволоцкий А.М.

01-3-1138-2019 Современная математическая физика: интегрируемость, гравитация и суперсимметрия 99
Исаев А.П., Кривонос С.О.

Физика элементарных частиц и физика тяжелых ионов высоких энергий (02) **109**

Участие в международных экспериментах ***110***

02-1-1066-2007 Исследование свойств ядерной материи и структуры частиц на коллайдере релятивистских ядер и поляризованных протонов 110
Ледницки Р., Панебратцев Ю.А.

02-2-1081-2009 ATLAS. Модернизация установки и физические исследования на LHC 117
Бедняков В.А.

02-1-1083-2009 CMS. Компактный мюонный соленоид на LHC 121
Каржавин В.Ю.

02-2-1085-2009 Экспериментальная проверка фундаментальных основ КХД 127
Гуськов А.В.

02-1-1087-2009 Исследования по физике релятивистских тяжелых и легких ионов на ускорительных комплексах Нуклотрон-M/NICA ОИЯИ и SPS ЦЕРН 130
Малахов А.И., Афанасьев С.В.

02-1-1088-2009 ALICE. Исследование взаимодействий пучков тяжелых ионов и протонов на LHC 138
Водопьянов А.С.

02-1-1096-2010 Изучение редких распадов заряженных каонов и поиск темного сектора в экспериментах на SPS ЦЕРН 144
Кекелидзе В.Д.

02-2-1151-2025 Разработка перспективных детекторов и методов анализа, адронные и редкие лептонные процессы 147
Давыдов Ю.И.

Эксперименты на ускорительном комплексе NICA ***150***

02-1-1086-2009 Странность в адронной материи и исследование неупругих реакций вблизи кинематических границ 150
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 155
Ладыгин В.П.

02-1-1150-2025 Фундаментальные и прикладные исследования в физике на пучках релятивистских частиц 160
Балдин А.А.

Нейтринная физика и астрофизика ***166***

02-2-1099-2010 Изучение нейтринных осцилляций и астрофизические исследования 166
Наумов Д.В., Ольшевский А.Г.

02-2-1144-2021 Поиск новой физики в лептонном секторе 171
Цамалаидзе З.

Ядерная физика (03) **175**

03-4-1146-2024 Нейтронная ядерная физика 176
Копач Ю.Н., Седышев П.В., Швецов В.Н.

03-5-1130-2017 Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности 189
Сидорчук С.И.

03-2-1100-2010 Неускорительная нейтринная физика и астрофизика 193
Якушев Е.А., Розов С.В.

Физика конденсированных сред (04) **203**

04-4-1147-2024 Оптические методы в исследованиях конденсированных сред 204
Арзуманян Г.М., Кучерка Н.

Радиационные исследования в науках о жизни (05) **207**

05-7-1077-2009 Исследования биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками 208
Бугай А.Н.

05-2-1132-2017 Исследование молекулярно-генетических механизмов адаптаций экстремофильных организмов 215
Кравченко Е.В.

Информационные технологии (06) **217**

06-6-1119-2014 Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных 218
Шматов С.В., Чулуунбаатар О.

Прикладная инновационная деятельность (07) **229**

07-1-1107-2011 Прикладные исследования на комплексе NICA для задач радиационного материаловедения, наук о жизни и новых методов генерации энергии 230
Белов О.В., Сыресин Е.М.

07-5-1131-2017 Радиационное материаловедение, нанотехнологические и биомедицинские исследования с пучками тяжелых ионов 237
Апель П.Ю.

07-1-A001-2025/2027 Создание линейки высоковольтных источников питания и коммутаторов напряжения для экспериментальных установок 243
Понкин Д.О.

07-2-A002-2025/2028 Разработка систем измерения оксигенации глубоких тканей методом диффузионной оптики во временном домене (TD-DO) 244
Селюнин А.С.

07-2-A003-2025/2028 Разработка микро-ОФЭКТ систем для прецизионной визуализации в условиях модельных биологических экспериментов 245
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 247
Зиньковская И.

07-5-A005-2025/2028 Многофункциональная препаративная система тангенциальной фильтрации 249
Виноградов И.И.

Физика и техника ускорителей заряженных частиц (08) **251**

08-2-1126-2015 Развитие научной инфраструктуры ЛЯП для проведения исследований с применением полупроводниковых детекторов, лазерной метрологии, электронов, позитронов и криогенной техники 252
Глаголев В.В., Шелков Г.А.

08-2-1127-2016 Перспективные разработки систем ускорителей и коллайдеров нового поколения для фундаментальных и прикладных целей 259
Трубников Г.В., Ширков Г.Д., Гикал Б.Н.

Организация научной деятельности и международного сотрудничества. Укрепление кадрового потенциала. Образовательная программа (09) **263**

09-8-1037-2001 Аналитические и методические разработки для организации научных исследований и международного сотрудничества по основным направлениям развития ОИЯИ 264
Матвеев В.А., Неделько С.Н., Куликов О.-А.

09-9-1139-2019 Научно-образовательные программы подготовки высококвалифицированных кадров 268
Трубников Г.В., Каманин Д.В., Бадави В.

09-3-1117-2014 DIAS-TH. Дубненская международная школа современной теоретической физики 277
Пироженко И.Г.

Алфавитный указатель: международное сотрудничество **281**

Перечень проектов и подпроектов
Проблемно-тематического плана ОИЯИ на 2026 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/**2026**	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.	27
6.	06-6-1118-1-2014/2030	МИВК. Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс Кореньков В. В., Шматов С.В.	29
7.	03-5-1129-1-2024/2028	Создание ускорительного комплекса У-400Р Калагин И.В., Карпов А.В.	38
8.	03-5-1129-2-2024/2028	Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов Сидорчук С.И.	39
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.	43
	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.	45
	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.	47
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.	53
	04-4-1149-3-1-2021/2028	*Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР-А) для дифрактометра ФДВР* Милков В.М.	54
	04-4-1149-3-2-2024/2028	*Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами* Черников А.Н.	55
	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.	55
11.	04-4-1149-4-2021/2028	Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ Лычагин Е.В., Швецов В.Н., Булавин М.В.	58

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* 60
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 64
Казаков Д.И., Бедняков А.В.

13. 01-3-1135-2-2024/2028 КХД и структура адронов 67
Аникин И.В., Михайлов С.В., Теряев О.В.

14. 01-3-1135-3-2024/2028 Феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика 69
Коробов В.И., Иванов М.А.

15. 01-3-1135-4-2024/2028 Теория адронной материи при экстремальных условиях 70
Брагута В.В., Коломейцев Е.Е., Неделько С.Н.

16. 01-3-1135-5-2024/2028 Теория электрослабых взаимодействий и физика нейтрино 72
Арбузов А.Б., Наумов В.А.

17. 01-3-1136-1-2024/2028 Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики 78
Джиоев А.А.

18. 01-3-1136-2-2024/2028 Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем 80
Ершов С.Н., Адамян Г.Г.

19. 01-3-1136-3-2024/2028 Квантовые системы нескольких частиц 81
Мотовилов А.К., Мележик В.С.

20. 01-3-1136-4-2024/2028 Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы 82
Бондаренко С.Г., Ларионов А.Б.

21. 01-3-1137-1-2024/2028 Сложные материалы 90
Аницаш Е.М

22. 01-3-1137-2-2024/2028 Математические модели статистической физики сложных систем 92
Поволоцкий А.М.

23. 01-3-1137-3-2024/2028 Наноструктуры и наноматериалы 93
Осипов В А., Катков В.Л.

24. 01-3-1137-4-2024/2028 Методы квантовой теории поля в сложных системах 95
Гнатич М.

25. 01-3-1138-1-2024/2028 Интегрируемые системы и симметрии 99
Исаев А.П., Кривонос С.О., Тюрин Н.А.

26. 01-3-1138-2-2024/2028 Суперсимметрия, высшие спины, гравитация 100
Иванов Е.А., Федорук С.А.

27. 01-3-1138-3-2024/2028 Квантовая гравитация, космология и струны 103
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/**2026** — STAR — Панебратцев Ю.А., Ледницки Р. — 110

29. 02-2-1081-1-2010/2030 — ATLAS. Модернизация установки и физические исследования на LHC — Бедняков В.А. — 117

30. 02-1-1083-1-2010/2030 — CMS. Физические исследования в эксперименте CMS и вторая фаза модернизации установки для работы в условиях высокой светимости — Каржавин В.Ю. — 121

31. 02-2-1085-1-2007/2028 — BESIII — Денисенко И.И. — 127

32. 02-2-1085-2-2024/**2026** — NA66/AMBER. Изучение фундаментальных свойств адронов — Гуськов А.В. — 128

33. 02-1-1087-1-2012/**2026** — NA61/SHINE — Малахов А.И. — 130

34. 02-1-1087-2-2017/2027 — СКАН-3 — Афанасьев С.В. — 131

35. 02-1-1088-1-2010/2030 — ALICE — Водопьянов А.С. — 138

36. 02-1-1096-1-2010/2027 — NA62 — Кекелидзе В.Д. — 144

37. 02-1-1096-2-2017/**2026** — NA64 — Матвеев В.А., Пешехонов Д.В. — 145

38. 02-2-1151-1-2025/2027 — Разработка физической программы и детекторов для экспериментов на СЕРС — Давыдов Ю.И., Жемчугов А.С. — 147

Эксперименты на ускорительном комплексе NICA

39. 02-1-1086-1-2025/2029 — HyperNIS-SRC. Странность в гиперядрах и короткодействующие двухнуклонные корреляции — Кривенков Д.О., Лукстиньш Ю. — 150

40. 02-1-1097-1-2010/2027 — АЛПОМ-2 — Пискунов Н.М. — 155

41. 02-1-1097-2-2010/2027 — DSS — Ладыгин В.П. — 156

42. 02-1-1150-1-2025/2029 — FLAP. Фундаментальная и прикладная физика с использованием пучков релятивистских ускоренных электронов — Балдин А.А. — 160

Нейтринная физика и астрофизика

43. 02-2-1099-1-2009/**2026** — JUNO — Наумов Д.В. — 166

44. 02-2-1099-4-2026/2028 — Изучение свойств нейтрино в ускорительных экспериментах — Колупаева Л.Д., Ольшевский А.Г. — 167

45. 02-2-1099-3-2015/**2026** TAIGA 167
Бородин А.Н.

46. 02-2-1144-1-2021/2029 COMET 171
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 177
Копач Ю.Н.

48. 03-4-1146-2-2022/**2026** Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры 178
Дорошкевич А.С.

49. 03-4-1146-3-2022/2028 Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона 179
Швецов В.Н., Седышев П.В.

50. 03-4-1146-4-2026/2027 Разработка концепции источника ультрахолодных нейтронов на импульсном реакторе ИБР-2 181
Швецов В.Н., Кулин Г.В.

51. 03-5-1130-1-2024/2028 Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов 189
Иткис М.Г., Карпов А.В.

52. 03-5-1130-2-2024/2028 Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности 190
Каминьски Г., Сидорчук С.И.

53. 03-2-1100-1-2024/2028 Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины 193
Философов Д.В.

54. 03-2-1100-2-2024/2028 Исследования реакторных нейтрино на короткой базе 196
Житников И.В.

55. 03-2-1100-3-2024/2028 Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений 197
Зинатулина Д.Р.

Физика конденсированных сред (04)

56. 04-4-1147-1-2024/2028 НАНОБИОФОТОНИКА 204
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 208
Борейко А.В., Лобачевский П.Н.

58. 05-7-1077-2-2024/2028 Радиационно-биофизические и астробиологические исследования 211
Падрон Д.И., Розанов А.Ю.

59. 05-2-1132-1-2021/2028 TARDISS. Защита от физико-химических стрессов с помощью белков тихоходок 215
Кравченко Е.В.

Информационные технологии (06)

60. 06-6-1119-1-2024/**2026** Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных 219
Шматов С.В.

61. 06-6-1119-2-2024/**2026** Методы вычислительной физики для исследования сложных систем 222
Земляная Е.В., Чулуунбаатар О.

Прикладная инновационная деятельность (07)

62. 07-1-1107-1-2018/2027 ADSR. Подкритический реактор с ускорительным приводом 230
Параипан М.

63. 07-5-1131-1-2024/2028 Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов 237
Скуратов В.А.

64. 07-5-1131-2-2024/2028 Нанокомпозитные и функциональные трековые мембраны 238
Апель П.Ю.

65. 07-5-1131-3-2025/2029 Высокочувствительные сенсоры, работающие на принципах молекулярного узнавания для детектирования вирусов 240
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 253
Госткин М.И.

67. 08-2-1126-2-2016/2028 Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов 254
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) 255
Сидорин А.А.

69. 08-2-1126-4-2015/2028 Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований 256
Шелков Г.А.

70. 08-2-1126-5-2011/2028 GDH&SPASCHARM 256
Усов Ю.А.

71. 08-2-1127-1-2024/2027 Создание испытательных стендов для тестирования подсистем циклотрона MSC-230 259
Карамышева Г.А., Яковенко С.Л.

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

72. 09-9-1139-1-2021/2028 Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ 271
Панебратцев Ю.А.

73. 09-3-1117-1-2024/2028 DIAS-TH. Дубненская международная школа современной теоретической физики 277
Пироженко И.Г., Колганова Е.А.

Крупная научно-исследовательская инфраструктура ОИЯИ

02-1-1065-2007/2026

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.
Сорин А.С.
Трубников Г.В.

Заместители: Бутенко А.В.
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, 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.	02-1-1065-2-2012/2026
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	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**Нуклотрон-NICA**	**Бутенко А.В.** **Сыресин Е.М.** *Научный руководитель:* **Мешков И.Н.**	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)**	**Кузякин Р.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., 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., 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., Копченов А.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., Копченов 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. Шпаков В.С.**	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., Копченов А.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.**	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., Барак Р., Бузин С.Г., Буряков М.Г., Васендина В.А., Величков В.К., Воронин А.А., Габдрахманов И.Р., Гаврищук О.П., Герценбергер К.В., Головатюк В.М., Григорьев П.Н., Дементьев Д.В., Дмитриев А.В., Дрноян Д.Р., Дряблов Д.К., Дубинчик Б.В., Дулов П.О., Егоров А.С., Егоров Д.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., Ковачев Л.Д., Колесников В.И., Коложвари А.А., 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., Степаненко Ю.Ю., Стрелецкая Е.А., Сувариева Д.А., Сухов Б.В., Тарасов Н.А., Тарасов О.Г., Терлецкий А.В., Теряев О.В., Тимошенко А.А., Тихомиров В.В., Тяпкин И.А., Устинов В.В., Федюнин А.А., Филиппов И.А., Хабаров С.В., 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.

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.**	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., 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., Егоров Д.С., 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., Мальдонадо-Сервантес И.А., 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., Никитин В.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., Ридингер Н.О., 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., Мицын 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., Мицын 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):
В 2026 должен состояться физический запуск коллайдера NICA с пучками. К середине IV квартала 2026 года коллайдер должен обеспечить столкновения пучка Xe с фиксированной мишенью-проволокой, установленной в области взаимодействия эксперимента MPD. В качестве материала проволочки будет использоваться вольфрам. На втором и третьем этапах запуска должны быть реализованы столкновения ядер Xe на встречных пучках.

Сроки изготовления и запуска экспериментальной установки жестко связаны с расписанием запуска коллайдера. К середине лета 2026 года, экспериментальная установка MPD должна быть полностью собрана и установлена в ее рабочее положение на пучке. Детекторные подсистемы должны быть интегрированы в общую систему управления и считывания данных. Первые данные, собранные установкой MPD на пучке будут использованы для изучения особенностей работы и характеристик детекторных подсистем, настройке алгоритмов восстановления сигналов в детекторных подсистемах, а также восстановления треков заряженных частиц и их ассоциации с сигналами во внешних детекторах.

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:
Охлаждение Соленоида до температуры жидкого гелия, запуск первых коллаборационных смен.

Подача токов на сверхпроводящие и корректирующие обмотки магнита, тестирование режимов работа магнита и системы эвакуации энергии.

Проведение измерений магнитного поля при различных значениях токов.

Завершение создания подсистем TOF, FHCal, FFD, сборки корпуса TPC, и первых 40 полусекторов электромагнитного калориметра ECal.

Определение оптимальных параметров и алгоритмов работы триггерной системы эксперимента MPD, построенной на базе детекторов FFD, FHCal и TOF, для эффективного отбора событий, соответствующих столкновениям ядер на фиксированной мишени и в режиме столкновений встречных пучков, определение координат первичной вершины и стартового времени T0. Реализация разработанных алгоритмов в железе.

Моделирование работы экспериментальной установки MPD в Xe+W столкновениях с использованием различных генераторов событий при различных энергиях взаимодействия с целью изучения ее возможностей для изучения столкновений ионного пучка с фиксированной мишенью. Подобная конфигурация пучков, по-видимому, будет обеспечивать наибольший объем экспериментальных данных, доступных для изучения.

4. Создание установки SPD для изучения спиновых эффектов в ядерных взаимодействиях

Гуськов А.В.
Заместитель:
Ладыгин В.П.

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., Будковский Д.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., Мыктыбеков Д., Нагорный С.Н., Никитин В.А., 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., 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., Хабаров С.В., Харьюзов П.Р., Чемезов Д.Д., Четвериков С.А., Чмиль В.Б., Шалаев В.В., Шереметьева А.И., Шиманский С.С., 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., 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., Мальцев А., Москаленко В.Д., Ольшевский А.Г., Пискун А.А., Прокошин Ф.В., Русов Д.И., Рыбников А.В., Самойлов О.Б., Селюнин А.С., Серюбин С.С., Симбирятин Л.Л., 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., 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., Омелянчук С.С., Ососков Г.А., Петросян А.Ш., Пряхина Д.И., Романычев Л.Р., 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, криогенной системы, 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.**	2024-2026 Реализация
ЛТФ	Брагута В.В., Иванов Ю.Б., Клопот Я.Н., Оганесян А.Г., Парван А., Роенко А.А., Фризен А., Хворостухин А.С.		
ЛИТ	Калиновский Ю.Л., Мусульманбеков Ж.Ж., Никонов Э.Г.		
ЛЯП	Лыкасов Г.И.		
ЛФВЭ	Абраамян Х.У., Артеменков Д.А., Батюк П.Н., Воронюк В., Дряблов Д.К., Кекелидзе В.Д., Кожин М.А., Ледницки Р., Малахов А.И., Резников С.Г., Рогачевский О.В.		
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.**	2024-2026 Реализация
ЛФВЭ	Мельников Д.Г., Минаев Ю.И., Митюхин С.А., 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., Мицын 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.**	2024-2026 Проектирование Реализация

ЛФВЭ Гаврищук О.П., Еник Т.Л., Кобец В.В., Мурин Ю.А., Шабратов В.Г.

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

4.	**Сооружение и развитие инфраструктуры для прикладных и инновационных исследований на комплексе NICA**	**Бутенко А.В.** **Сорин А.С.**	2024-2026 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., Левтерова 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.**	2024-2026 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	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	НЦЯИ	Рустамов А.	Соглашение
Армения	Ереван, ER	ННЛА	Григорян О.	Соглашение
			Иванов Н. + 6 чел.	Соглашение
Беларусь	Минск, MI	БГУ	Федотов А.С. + 2 чел.	Обмен визитами
		ИФ НАНБ	Максименко С.А.+ 3ч.	Совместные работы
		ИЭ НАНБ	Баев В.Г. + 5 чел.	Соглашение
		НИИ ЯП БГУ	Лобко А. + 15 чел.	Обмен визитами
			Федотова Ю.А.	Обмен визитами
		ОИЭЯИ-Сосны	Бабичев Л.Ф. + 3 чел.	Совместные работы
		ФТИ НАНБ	Поболь И.Л. + 7 чел.	Совместные работы
			Покровский А.И. + 3 чел.	Совместные работы
Болгария	Пловдив	PU	Зайцева Е.	Соглашение
			Турийски В.	Соглашение
			Шопова М. + 2 чел.	Совместные работы
Германия	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz	Барт В. + 3 чел.	Совместные работы
			Блаурок Й. + 5 чел.	Совместные работы
			Зенгер П.	Совместные работы
			Ратзингер У.	Совместные работы
			Штокер Х. + 2 чел.	Совместные работы
	Юлих, NRW	FZJ Helmholtz	Штассен + 2 чел.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси, TB	GTU	Шанидзе Р.	Совместные работы
Египет	Гиза, GZ	ECTP MTI NU	Тавфик А.Н. + 5 чел.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Сахиев С. + 8 чел.	Соглашение
		ФТИ КазНИТУ	Лебедев И. + 6 чел.	Совместные работы
Китай	Ичан, HB	CTGU	Ли Шуан	Совместные работы
			Шенин Фанг	Соглашение
	Ланьчжоу, GS	IMP CAS	Ну Шу	Совместные работы
			Чжао Ч. + 8 чел.	Соглашение
	Пекин, BJ	CIAE	Ванг И.	Совместные работы
		IHEP CAS	Хуан М. + 2 чел.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Юпэн Лу	Совместные работы
		Tsinghua	Ван И. + 13 чел.	Совместные работы
		UCAS	Се Г.	Совместные работы
	Ухань, HB	CCNU	Ван Т.	Совместные работы
			Лю Ф. + 2 чел.	Соглашение
			Сан С.	Совместные работы
	Хучжоу, ZJ	HUTC	Ван Ф. + 2 чел.	Соглашение
			Ван Ц.	Совместные работы
	Хэнъян, HN	USC	Ван С.	Соглашение
	Хэфэй, AH	ASIPP CAS	Сонг Ю.	Совместные работы
		USTC	Дзебо Тан	Совместные работы
			Лэй Чжао	Совместные работы
			Тан З. + 3 чел.	Совместные работы
	Цзинань, SD	SDU	Жан Д. + 6 чел.	Совместные работы
			Ян Ц.	Совместные работы
	Циндао, SD	SDU	Жанг Д. + 5 чел.	Совместные работы
	Шанхай, SH	Fudan	Фан Д. + 2 чел.	Соглашение
			Юйган Ма + 2 чел.	Совместные работы
		SINAP CAS	Фанг Д.	Совместные работы
Куба	Гавана	InSTEC	Гузман Ф. + 1 чел.	Совместные работы
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM	Аяла А.	Совместные работы
	Пуэбла, PUE	BUAP	Родригес М.	Совместные работы
Молдова	Кишинев, CU	ИПФ	Хворостухин А.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Баатар Ц. + 2 чел.	Совместные работы
Россия	Белгород, BEL	БелГУ	Кубанкин А.С.	Совместные работы
			Вохмянина К.	Совместные работы
	Владикавказ, SE	СОГУ	Касумов Ю.Н. + 3 чел.	Совместные работы
			Пухаева Н.	Совместные работы
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Ким В.Т. + 11 чел.	Соглашение
			Рябов В.Г. + 5 чел.	Совместные работы
	Долгопрудный	МФТИ	Аушев Т. + 1 чел.	Совместные работы
			Филатов Ю.Н. + 3 чел.	Совместные работы
	Жуковский	Технология	Шишкин А.В.	Соглашение
	Казань, TA	Компрессормаш	Мирзаев Т.Б.	Совместные работы
		Спецмаш	Зборовский А.Ю.	Соглашение
	Москва, MOW	ВШЭ	Ратников Ф.Д. + 1 чел.	Совместные работы
		ВЭИ ВНИИТФ	Кокуркин М.П. + 5 чел.	Совместные работы
		Гелиймаш	Стулов В.В. + 5 чел.	Совместные работы
		ИМБП РАН	Иванова О.А.	Соглашение
			Шуршаков В.А. + 10 чел.	Соглашение
		ИТЭФ	Кулевой Т.В. + 5 чел.	Совместные работы
			Куликов В.В.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		Криогенмаш	Караганов Л.Т. + 2 чел.	Совместные работы
		МГУ	Боос Э.Э.	Совместные работы
		МИРЭА	Певцов Е.Ф.	Соглашение
		МИСИС	Горшенков М.В. + 10 чел.	Соглашение
		МИФИ	Нигматкулов Г. + 18 чел.	Соглашение
			Тараненко А.В. + 8 чел.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Бережной А.	Совместные работы
			Богданова Г.А.	Совместные работы
			Меркин М.М. + 15 чел.	Совместные работы
			Чепурнов А.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Ставинский А.В. + 8 чел.	Совместные работы
		РЭУ	Камкин А.	Совместные работы
		ФИАН	Андреев В. + 15 чел.	Соглашение
			Герасимов С.Г.	Совместные работы
			Завертяев М.В. + 4 чел.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН	Антохин Е. + 7 чел.	Совместные работы
			Барняков А.	Совместные работы
			Куркин Г.Я. + 10 чел.	Совместные работы
			Пархомчук В.В.	Совместные работы
			Пята Е.	Совместные работы
			Трибендис А.В. + 10 чел.	Совместные работы
			Шатунов Ю.М.	Совместные работы
		НТЛ "Заряд"	Кондратенко А.М.	Соглашение
	Новочеркасск, ROS	ЮРГПУ НПИ	Пузин В.С.	Соглашение
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Зинченко С.Н. + 5 чел.	Совместные работы
			Иванов С.В. + 5 чел.	Совместные работы
	Самара, SAM	СНИУ	Салеев В.А.	Совместные работы
			Долгополов М.	Совместные работы
			Карпишков А.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	СПбГПУ	Бердников Я.А.	Совместные работы
		СПбГУ	Феофилов Г.А.	Совместные работы
			Вечернин В.В.	Совместные работы
			Жеребчевский В.И.	Совместные работы
			Немнюгин С.А. + 4 чел.	Совместные работы
			Овсянников Д.А. + 3 чел.	Совместные работы
	Сыктывкар, KO	ОМ Коми НЦ	Кутов А.Ю.	Совместные работы
	Томск, TOM	ТГУ	Филимонов С. + 11 чел.	Соглашение
		ТПУ	Бабаев А.А. + 2 чел.	Соглашение
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Белов А.С. + 5 чел.	Совместные работы
			Губер Ф.Ф. + 16 чел.	Совместные работы
			Ивашкин А.	Совместные работы
			Усенко Е. + 5 чел.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Фрязино, MOS	Исток	Култашев О.К. + 3 чел.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	VINCA	Милошевич Й.	Совместные работы
Словакия	Кошице, KI	UPJS	Врлакова И.	Совместные работы
	Нова-Дубница, TC	EVPU	Маркович Дж.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	Физика-Солнце	Олимов Х.К. + 10 чел.	Совместные работы
Чили	Вальпараисо, VS	USM	Кулешов С.В. + 5 чел.	Соглашение
ЮАР	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Вандевурд Ш. + 3 чел.	Совместные работы
			Стодарт Н.	Совместные работы
	Стелленбос, WC	SU	Ньюман Р.	Совместные работы
			Бэйли Т.	Совместные работы
Япония	Токио	Nihon Univ.	Катаяма Т.	Совместные работы

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, Словакия, Чехия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Реализация проекта, включающего модернизацию и развитие байкальского грубоководного 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., 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., 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 в оптических модулях 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 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 фундаментальные проблемы астрофизики и физики элементарных частиц: идентификация астрофизических источников нейтрино сверхвысоких энергий, механизмы формирования и эволюции галактик и др. В частности — как ближайшая задача — картирование неба высокоэнергетических нейтрино в Южном полушарии, включая область Галактического центра. Другие темы включают косвенный поиск темной материи путем обнаружения нейтрино, образующихся при аннигиляции WIMP на Солнце или в центре Земли. Baikal-GVD также будет искать экзотические частицы, такие как магнитные монополи, суперсимметричные Q-боллы 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 14 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.

Сотрудничество по теме 1148

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Дик В.	Совместные работы
Россия	Иркутск, IRK	ИГУ	Буднев Н.М. + 10 чел.	Совместные работы
	Москва, MOW	МИФИ	Петрухин А.А. + 6 чел.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Николаев А.С.	Совместные работы
			Кожин В.А.	Совместные работы
			Скурихин А.В.	Совместные работы
			Чепурнов А.С.	Совместные работы
			Широков Е.В.	Совместные работы
	Нижний Новгород	НГТУ	Кулепов В.Ф.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	СПбГМТУ	Розанов М.И.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Джилкибаев Ж.-А.М. +24ч.	Соглашение
Словакия	Братислава, BL	CU	Эскерова Э.	Совместные работы
			Бардачова С.	Совместные работы
			Симкович Ф.	Совместные работы
			Дворницки Р.	Совместные работы
Чехия	Прага, PR	CTU	Штекл И.	Совместные работы
			Эскерова Э.	Совместные работы
			Бардачова С.	Совместные работы
			Симкович Ф.	Совместные работы

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 двух активностей, которые, как и проект, нацелены 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;

– создание многоцелевой программно-аппаратной платформы аналитики Больших данных на основе гибридных аппаратных ускорителей; алгоритмов машинного обучения; инструментов аналитики, отчетов и визуализации; поддержки пользовательских интерфейсов и задач.

Проект инфраструктуры:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
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., Ведров С.И., Войтишин Н.Н., Воронцов А.С., Гаврилов С.В., Гавриш А.П., Голоскокова Т.М., 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., Зуев М.И., Ильина А.В., Калагин И.И., Каменский А.С., Карпенко Н.Н., 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., Кулаков В.И., Кульпин Е.Ю., Кутовский Н.А., Лаврентьев А.А., 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., Мицын В.В., Мищенко Н.Н., Мойбенко А.Н., 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., Семенов Р.Н., Смольникова А.С., Соколов И.А., Соловьева Е.В., Сорокин И.Г., Стамат И.Н., Степанов Б.Б., Стрельцова О.И., Торосян Ш.Г., Трофимов В.В., Трубчанинов Н.В., Усачев В.Ю., Фарисеев В.Я., Фетисов М.Ю., Цамцуров Е.О., Чащин С.В., Чурин А.И., Швалев А.М., Шейко В.П., Шпотя Д.А.

ЛФВЭ Герценбергер К.В., Голунов А.О., 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.

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:
Эксплуатация и обеспечение надежного, безопасного и целостного функционирования магистральных внешних телекоммуникационных каналов (3x100 Гбит/сек); магистральной опорной сети (2x100 Гбит/сек); транспортной сети мегапроекта NICA (4x100 Гбит/сек); многосвязной сети ЛИТ (100 Гбит/сек); сети Wi-Fi на площадках Института в режиме 24x7x365. Обеспечение стандартных сетевых сервисов (электронной почты, файлового обмена, безопасности), сопровождение, поддержка и развитие баз данных пользователей, сетевых элементов и т.д. Введение в эксплуатацию двойной авторизации и удостоверяющих центров сертификации в сети ОИЯИ. Проработка альтернативных путей внешних телекоммуникационных каналов связи с Китайскими центрами и другими организациями, участвующими в проектах JUNO и NICA.

Создание и введение в эксплуатацию серверного зала 4 этажа здания ЛИТ.

Обеспечение бесперебойной эксплуатации инженерного комплекса МИВК в режиме 24/7/365, включающего системы гарантированного энергоснабжения (дизельные генераторы, источники бесперебойного питания), климатического контроля (чиллеры, сухие градирни, межрядные кондиционеры) и системы противопожарной безопасности помещения машинного зала 2-го этажа ЛИТ. Комплексное техническое обслуживание и оптимизация работы всего инженерного оборудования для обеспечения максимальной эффективности функционирования вычислительной инфраструктуры. Модернизация первого модуля Tier-2 (установка межрядных кондиционеров и дополнительных телекоммуникационных шкафов в рамках развития инженерной инфраструктуры МИВК. Модернизации системы электропитания Модуля 0 (Tier-1). Организация нового Модуля 3 на основе существующих телекоммуникационных шкафов.

Наращивание производительности и системы хранения базовых компонент МИВК – Tier1 центра до 25000 CPU-ядер и 25000 ТБ, Tier2/ЦИВК до 13000 CPU-ядер, озера данных на базе системы EOS до 60 ПБ, включая выделенные системы EOS для MPD и SPD. Сопровождение единой системы хранения и доступа к общему программному обеспечению CVMFS. Ввод в эксплуатацию дополнительных драйвов для связи CTA и Enstore с ленточной библиотекой TS4500. Поддержка и сопровождение работы виртуальных организаций WLCG, экспериментов NICA и т.д., локальных групп пользователей на ресурсах Tier1 и Tier2/ЦИВК МИВК. Разработка регионального центра для эксперимента JUNO на базе ресурсов МИВК.

Развитие прототипа полнофункционального Tier0/Tier1 центра для экспериментов на ускорительном комплексе NICA.

Развитие распределенной информационно-вычислительной среды (РИВС) на базе облачных ресурсов организаций из стран-участниц ОИЯИ и нейтринной платформы за счёт ресурсов, приобретённых экспериментами Baikal-GVD, JUNO, NOvA.

Модернизация средств визуализации метрик работы облачной инфраструктуры и системы оповещений о сбоях. Внедрение Ceph Dashboard — нового веб-интерфейса для централизованного управления облачными хранилищами на базе Ceph.

Внедрение инструментов автоматизации запуска задач в распределённую гетерогенную среду, созданную на базе платформы DIRAC. Интеграция системы FTS3 для управления передачей данных в рамках существующей распределенной среды. Проведение сеансов массовой обработки (production) данных эксперимента BM@N, техническая поддержка запуска задач эксперимента MPD.

Наращивание CPU компоненты суперкомпьютера «Говорун» для обеспечения текущих потребностей пользователей, в том числе в рамках моделирования событий экспериментов на комплексе NICA. Автоматизация процессов сетевой загрузки ОС и конфигурирования кластерного ПО с помощью программных пакетов XCAT, Puppet, и т.п. на вычислительных узлах суперкомпьютера «Говорун».

Внедрение системы сбора, визуализации и анализа статистики использования вычислительных ресурсов и программного обеспечения пользователями платформы HybriLIT и суперкомпьютера «Говорун».

Тестирование и внедрение параллельных и распределённых систем хранения и обработки данных, таких как Apache Ignite, Deepseek 3FS (Fire-Flyer File System) и др., для увеличения эффективности работы с модельными и экспериментальными данными на платформе HybriLIT и суперкомпьютере «Говорун».

Развитие экосистемы ML/DL/HPC, включая Полигон для квантовых вычислений, и выполнение работ по интеграции вычислительных ресурсов суперкомпьютера «Говорун» на основе программного продукта DASK для решения массивно-параллельных задач, связанных с алгоритмами машинного и глубокого обучения.

Сопровождение системы хранения и обработки данных эксперимента SPD с использованием ресурсов МИВК (облачная инфраструктура для размещения сервисов промежуточного программного обеспечения, вычислительная инфраструктура ЦИВК для выполнения задач). Поддержка проведения массового моделирования в рамках подготовки к набору, обработке и анализу данных эксперимента SPD.

Разработка программно-аппаратной платформы для мониторинга инженерной и вычислительной инфраструктуры МИВК. Развитие системы мониторинга LITmon: разработка системы мониторинга для серверной инфраструктуры хранения данных эксперимента SPD; модернизация мониторинга инженерной инфраструктуры системы охлаждения МИВК; модернизация системы мониторинга серийных консолей; создание платформы для автоматического развёртывания системы мониторинга.

Активности инфраструктуры:

Наименование активности	**Руководители**	**Сроки реализации**
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
1. Цифровая экосистема ОИЯИ	**Кореньков В.В.** **Белов С.Д.**	2024-2026 Реализация

ЛИТ Артамонов А.А., Балашов Н.А., Белякова Н.Е., Белякова О.В., Бондяков А.С., Давыдова Н.А., Заикина Т.Н., Калмыкова Л.А., Капитонова Е.Н., Кондратьев А.О., Кузнецова Е.С., Кузьмина Е.К., Куняев С.В., Кучугурная Л.Д., Неаполитанский Д.В., Некрасова И.К., Пашкова М.М., Попкова Л.В., Попова Я.И., Приходько А.В., Сапожникова Т.Ф., Семашко В.С., Семашко С.В., Соколов И.А., Сыресина Т.С., Трофимов Ю.В., Усов Д.Ю., Филозова И.А., Шейко Е.В., Шестакова Г.В., Ширяева Л.А.

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

ЛЯП Коваленко Р.С.

ДРЦС Васильев М.П., Шейко А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Активность связана с созданием общеинститутской цифровой платформы «Цифровая экосистема ОИЯИ». Основной целью является организация в рамках платформы цифрового пространства с единым доступом и обменом данными между электронными системами, а также перевод действий, требовавших ранее личного или письменного обращения, в безбумажную форму. Платформа призвана обеспечить интеграцию существующих и перспективных сервисов поддержки научной, административной и социальной деятельности, а также сопровождение инженерной и IT-инфраструктур Института.

В рамках активности предполагается два основных направления работ: создание базовой инфраструктуры цифровой платформы (включая программно-аппаратное и методическое обеспечение ее функционирование) и различных цифровых сервисов. Помимо поддержки сервисов для использования сотрудниками Института будут развиваться и поддерживаться цифровые сервисы для научных коллабораций, чья деятельность связана с базовыми установками Института.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание программно-аппаратной и методической основы для функционирования общеинститутской цифровой платформы.

Разработка и внедрение в единую среду цифровых сервисов для распределенного доступа к ресурсам - информационным, вычислительным, административным, организационным.

Перевод процессов получения разрешений, согласований и заявок разных типов в цифровую форму.

Создание каталога и распределенного хранилища данных, связанных с научными и техническими аспектами деятельности Института, а также инструментов для их анализа, представления и создания прогнозных моделей.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Использование единой среды для хранения и управления данными базовых и прикладных сервисов ЦЭС, интеграция с инфраструктурой Больших данных для анализа указанных данных.

Развитие институционального репозитория публикаций сотрудников ОИЯИ: переход на новую версию программного обеспечения репозитория, подключение дополнительных источников информации о статьях, развитие алгоритмов связывания профилей сотрудников со статьями, доработка интерфейсов для пользователей, загрузка в систему статей сотрудников ОИЯИ, опубликованных ранее 2021 года.

Ввод в эксплуатацию цифрового сервиса для централизованной дистанционной проверки знаний сотрудников Института по радиационной безопасности.

Внедрение электронной регистрации пользователей на ресурсах ЦИВК.

Организация электронной системы для учёта работ и приёма заявок от сотрудников для технических служб ЛИТ ОИЯИ.

Реализация в геоинформационной системе дополнительных возможностей для поддержки деятельности технологических служб и подразделений ОИЯИ по их запросу. Интеграция геоинформационной системы с другими сервисами ЦЭС.

Текущая поддержка и развитие СЭД «Дубна». Предоставление данных по закупкам для системы документооборота, создаваемой ДРЦС.

Реализация в сервисе авансовых отчётов за командировки загрузки электронных оригиналов и копий документов, оптимизация процессов рассмотрения заявок.

Перенос функционала базы документов baza.jinr.ru в СЭД «Дубна».

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.).

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

2.	**Многоцелевая программно-аппаратная платформа аналитики Больших данных**	**Зрелов П.В.**	2024-2026 Реализация

ЛИТ	Артамонов А.А., Баранов Д.А., Белов С.Д., Гавриленко Ю.Е., Заикина Т.Н., Зрелова Д.П., Иванцова О.В., Ильина А.В., Катулин М.С., Кашунин И.А., Кузнецов Е.А., Матвеев М.А., Неаполитанский Д.В., Пелеванюк И.С., Рябов Н.В., Семенов Р.Н., Соловьева Т.М., Старченко Ю.Б., Тарабрин В.А., Филозова И.А., Шейко Е.В., Яковлев А.В.
Ассоциированный персонал	Богданов А.В., Дегтярев А.Б., Киямов Ж.У., Корхов В.В., Мареев В.В., Щеголева Н.Л.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Активность предусматривает создание в рамках МИВК ОИЯИ многоцелевой программно-аппаратной платформы аналитики Больших данных, реализующей полный цикл сплошной обработки – от сбора данных до визуализации результатов обработки и анализа, прогнозов, рекомендаций и предписаний. Одной из задач, которую планируется решить с помощью платформы, является разработка аналитической системы управления ресурсами МИВК и потоками данных для повышения эффективности использования вычислительных ресурсов и ресурсов хранения и оптимизации процесса обработки данных экспериментов, развитие интеллектуального мониторинга распределенных вычислительных систем и центров обработки данных. Другой важной задачей является создание и развитие средств аналитики для сервисов цифровой экосистемы ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание универсального ядра платформы интеллектуального анализа Больших данных.

Разработка и реализация в рамках платформы ряда типовых программных решений для различных классов задач.

Разработка и развитие аналитических инструментов для Цифровой экосистемы ОИЯИ.

Разработка методов и создание комплексных решений анализа безопасности данных и компьютерных систем.

Развитие в рамках аналитической платформы методов искусственного интеллекта и создание программного окружения для работы с технической и научной информацией.

Разработка общих решений на основе аналитики Больших данных для экспертных и рекомендательных систем, в том числе для оптимизации процессов функционирования компонент МИВК.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Развертывание, настройка и сервис доступа к автономным специализированным моделям генеративного ИИ и инструментам взаимодействия с ними для решения задач разработки информационных систем и анализа данных.

Разработка прототипа системы сбора, потокового анализа и хранения данных трафика в локальной сети ОИЯИ с реализацией в виде конвейера обработки Больших данных с целью повышения безопасности функционирования сети.

Разработка методики интеллектуальной обработки научно-технической информации (научные публикации, патенты, материалы регистрации программ и баз данных, тексты проектов, образовательных программ, объявлений о профильных вакансиях, резюме и др.). Примеры реализации по тематике Института.

Разработка прототипа программной платформы на основе композиции инструментов аналитики Больших данных Apache Spark, Dask и пакета ROOT с использованием аппаратных ускорителей вычислений (графических процессоров).

Аналитические инструменты, программно-аппаратная инфраструктура и методики интеграции и анализа данных сервисов Цифровой экосистемы.

Разработка квантово-подобных аналогов классических методов анализа данных, в частности – методов машинного обучения, в том числе с применением квантовых свёрточных и квантовых генеративно-состязательных нейронных сетей.

Анализ возможности использования технологий промышленного интернета вещей (IIoT) для инженерной инфраструктуры МИВК ОИЯИ: а) анализ требований к IIoT-системе (параметры среды, типы оборудования, протоколы обмена данных и требования к безопасности), б) разработка прототипа архитектуры системы, включающей логическую и физическую структуру взаимодействия разносторонних компонентов.

Исследование возможности создания и оптимизация многоуровневых децентрализованных хранилищ:
– комплексный анализ существующей архитектуры систем хранения и обработки в рамках инфраструктуры МИВК и определение оптимальных стратегий развития системы;

– разработка аналитических методов и программных инструментов для моделирования поведения распределенной системы, основанной на инфраструктуре МИВК.

Сотрудничество по теме 1118

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	АДА	Адамов А.	Совместные работы
		ИФ	Мамедов Н.Т. + 5 чел.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	ИПИА НАН РА	Саакян В.Г.	Соглашение
		РАУ	Саргсян С.С.	Совместные работы
Беларусь	Минск, MI	ИФ НАНБ	Килин С.Я.	Обмен визитами
			Килин С.Я.	Совместные работы
		НИИ ЯП БГУ	Макаренко В.В. + 3 чел.	Совместные работы
			Макаренко В.В. + 3 чел.	Обмен визитами
		ОИПИ НАНБ	Кругликов С.В.	Совместные работы
		ОИЭЯИ-Сосны	Бабичев Л.Ф. + 3 чел.	Совместные работы
			Бабичев Л.Ф. + 3 чел.	Обмен визитами
Болгария	София	INRNE BAS	Тонев Д.В.	Совместные работы
		SU	Димитров В.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси, TB	GRENA	Кватадзе Р.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		GTU	Кварашкелия В.	Совместные работы
			Прангишвили А.	Совместные работы
			Сацерадзе Д.	Совместные работы
		UG	Сулханишвили С.	Совместные работы
			Тавзарашвили К.	Совместные работы
Египет	Каир, C	ASRT	Жина Э.Ф.	Совместные работы
			Мона Э.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Буртебаев Н.Т.	Совместные работы
			Сахиев С.К.	Совместные работы
	Астана, AST	АУИТ	Хикметов А.	Совместные работы
		АФ ИЯФ	Здоровец М.В.	Соглашение
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS	Жанг С.	Совместные работы
			Ли В.Д.	Совместные работы
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM	Айяла А.	Совместные работы
			Диас Л.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	IMDT MAS	Ууганбаатар Д.	Соглашение
Россия	Владивосток, PRI	ИАПУ ДВО РАН	Грибова В.В.	Соглашение
			Ромашко Р.В.	Соглашение
	Владикавказ, SE	СОГУ	Кулаев Р.Ч.	Соглашение
			Нартиков А.Г.	Соглашение
			Огоев А.У.	Соглашение
	Воронеж, VOR	ВГУ	Кургалин С.Д.	Совместные работы
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Ким В.Т.	Совместные работы
			Кирьянов А.К.	Совместные работы
			Шевель А.Е.	Совместные работы
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"	Кирпичева Е.Ю.	Совместные работы
			Черемисина Е.Н.	Совместные работы
		ОЭЗ "Дубна"	Рац А.А.	Совместные работы
		ЦКС "Дубна"	Елеферов С.В.	Совместные работы
			Куликов А.А.	Совместные работы
	Москва, MOW	ВШЭ	Щур Л.Н.	Соглашение
		ГПКС	Буйдинов Е.В.	Совместные работы
			Прохоров Ю.В.	Совместные работы
		ИПМ РАН	Афендиков А.Л.	Совместные работы
			Четверушкин Б.Н.	Совместные работы
			Якубовский М.В.	Совместные работы
		ИППИ РАН	Федоров М.В.	Совместные работы
			Волошинов В.В.	Совместные работы
		ИСП РАН	Аветисян А.И.	Совместные работы
		МГТУ	Гордин М.В.	Совместные работы
			Родионов И.А.	Совместные работы
		МГУ	Соколов И.А.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Ризниченко Г.Ю.	Совместные работы
			Смелянский Р.Л.	Совместные работы
			Сухомлин В.А.	Совместные работы
		МИСИС	Иванников А.Л.	Совместные работы
			Солодов С.Н.	Совместные работы
		МИФИ	Смирнов С.Ю.	Совместные работы
			Черкасский А.И.	Совместные работы
		МЭИ	Тарасов А.Е.	Совместные работы
			Топорков В.В.	Совместные работы
		НИВЦ МГУ	Воеводин В.В. + 4 чел.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Боос Э.	Совместные работы
			Крюков А.П.	Совместные работы
			Шелухин А.А.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Велихов В.Е.	Совместные работы
			Ильин В.А.	Совместные работы
			Рябинкин Е.А.	Совместные работы
			Шабанов Б.М.	Совместные работы
		РУДН	Самуйлов К.Е.	Соглашение
		РЭУ	Валентей С.Д.	Совместные работы
		ФИЦ ИУ РАН	Посыпкин М.А.	Совместные работы
			Соколов И.А.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	ИВМиМГ СО РАН	Черных И.Г.	Совместные работы
		ИЯФ СО РАН	Левичев П.В.	Совместные работы
			Скринский А.Н.	Совместные работы
			Тихонов Ю.А.	Совместные работы
		ЦКП "СКИФ"	Зубавичус Я.В.	Совместные работы
			Левичев Е.Б.	Совместные работы
			Потеряев В.С.	Совместные работы
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Гусев В.В.	Совместные работы
			Котляр В.В.	Совместные работы
	Пущино, MOS	ИМПБ РАН	Лахно В.Д. + 2 чел.	Совместные работы
			Устинин М.Н.	Совместные работы
	Самара, SAM	СНИУ	Сойфер В.А.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	ИТМО	Бухановский А.В.	Совместные работы
			Васильев В.Н.	Совместные работы
		НИИФ СПбГУ	Шабаев В.К.	Совместные работы
		СПбГПУ	Заборовский В.С.	Совместные работы
		СПбГУ	Богданов А.В. + 10 чел.	Соглашение
			Дегтярев А.Б.	Соглашение
			Дик А.Г.	Соглашение
			Дик Г.Д.	Соглашение
	Таганрог, ROS	НИИ МВС ЮФУ	Каляев И.А.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Каравичев О.В.	Совместные работы
			Степанова Л.И.	Совместные работы
	Челябинск, CHE	ЮУрГУ	Соколинский Л.Б.	Совместные работы
	Черноголовка	СКЦ ИПХФ РАН	Волохов В.М. + 2 чел.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	АН РУз	Аюпов Ш.А.	Совместные работы
			Мирзаев С.З.	Совместные работы
		ИЯФ АН РУз	Садыков И.И.	Совместные работы
Франция	Марсель, PAC	CPPM	Царегородцев А.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Андреева Ю.	Совместные работы
			Компана С. + 5 чел.	Совместные работы
ЮАР	Кейптаун, WC	UCT	Беккер Б.	Совместные работы
			Ситоле Х.	Совместные работы

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:
Армения, Вьетнам, 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	Руководители проекта	Статус
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
1. Создание ускорительного комплекса У-400Р	**Калагин И.В.** **Карпов А.В.** *Заместитель:* **Семин В.А.**	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. 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., Новиков К.В., Осипов Н.Ф., Пащенко С.В., Попеко А.Г., Пчелинцев И.В., Пчелкин Н.Н., Пугачев Д.К., Савельева Е.О., Сатьян С., 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-400Р.

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.

Начало реконструкции циклотрона У-400 (У-400Р).

Строительство участка проводки ионопровода из здания 131 в экспериментальный зал циклотрона У-400Р (УПИ).

Разработка проекта 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.

Изготовление

ЛЯР Аксенов Н.В., Астахов А.А., Бодров А.Ю., Болатказыев Е.А., Божиков Г.А., Веденеев В.Ю., Гольцман А.И., Гуляев А.В., Гуляева А.В., Ибадуллаев Д., Кабытаева Р.К., Коврижных Н.Д., Когоут П., Когоутова А., Комаров А.Б., Кузнецов Д.А., Кулик В.Д., Мадумаров А.Ш., Муравьев И.В., Новоселов А.С., Петрушкин О.В., Подшибякин А.В., Саламатин В.С., 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. Апробирование новых методов получения ионов тугоплавких металлов (Ti, Cr). Реализация проекта реконструкции Фабрики СТЭ с переоборудованием помещений под условия 1-го класса радиационной безопасности. Начало экспериментов по синтезу 119 элемента.

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

Проектирование и изготовление стенда многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра.

Сотрудничество по теме 1129

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Армения	Ереван, ER	ННЛА	Марукян Г.О. + 3 чел.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой, HN	HUST	Чан Д. Фонг + 4 чел.	Совместные работы
		IOP VAST	Динь В. Чунг + 3 чел.	Совместные работы
Казахстан	Астана, AST	АФ ИЯФ	Иванов И.А. + 3 чел.	Совместные работы
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS	Ган З. + 6 чел.	Соглашение
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM	Чавес Ломели Э.Р.	Совместные работы
			Эфрейм Р.	Совместные работы
Россия	Нижний Новгород	ИПФ РАН	Скалыга В.А. + 5 чел.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	ИАП РАН	Явор М.И. + 5 чел.	Совместные работы
		Нева-Магнит	Кошурников Е.К.+ 3ч.	Совместные работы
		НИИЭФА РОСАТОМ	Сычевский С.Е.	Совместные работы
	Томск, ТОМ	ТГУ	Стучебров С.Г.+ 4ч.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	VINCA	Йованович З. + 3 чел.	Совместные работы
	Нови-Сад, VO	UNS	Крмар М.	Совместные работы
ЮАР	Гцгебеха, EC	NMU	Фарук С.	Совместные работы
	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Мира Дж.	Совместные работы
			Нкози М.	Совместные работы
	Стелленбос, WC	SU	Барнард А. + 2 чел.	Совместные работы
	Фандербейлпарк, GT	VUT	Абу Хоссейн Халед	Совместные работы

04-4-1149-2024/2028

Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров

Руководитель: Лычагин Е.В.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Аргентина, Армения, Беларусь, Болгария, Венгрия, Вьетнам, Германия, Египет, Индия, Испания, Италия, Казахстан, Китай, Куба, Латвия, МАГАТЭ, Монголия, Польша, 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.	Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР-А) для дифрактометра ФДВР	Милков В.М.	04-4-1149-3-1-2021/2028
2.2.	Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами	Черников А.Н.	04-4-1149-3-2-2024/2028
2.3.	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	Руководители проекта	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	
1. Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов	**Козленко Д.П.** **Аксенов В.Л.** **Балагуров А.**	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.

Установление взаимосвязи между структурными, диэлектрическими, сегнетоэлектрическими и фотокаталитическими свойствами сложных замещенных оксидов ниобата серебра.

Определение параметров атомной и магнитной структуры низкоразмерных 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.

Анализ структурной организации оптических наноматериалов, эволюции структурных параметров люминесцентных наночастиц в стеклянной матрице.

Определение структурных особенностей и анализ динамики функциональных материалов с молекулярными комплексами и ионных жидкостей.

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.

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

Установка элементов нейтронной транспортной системы и детекторной системы моды радиографии и томографии спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга на 10 канале.

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).

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

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

Закупка и тестирование кристаллов пиролитического графита для фокусирующего анализатора спектрометра BJN, тестирование модельного прототипа анализатора на пучке реактора ИБР-2, разработка концепции нейтроноводной системы.

	Наименование подпроекта	Руководитель подпроекта	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.**	Реализация

ЛНФ Авдеев М.В., Бокучава Г.Д., Кичанов С.Е., Куклин А.И., Ракша Е.В., Турченко В.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.

Установление взаимосвязи между структурными, диэлектрическими, сегнетоэлектрическими и фотокаталитическими свойствами сложных замещенных оксидов ниобата серебра.

Определение параметров атомной и магнитной структуры низкоразмерных 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.

Анализ структурной организации оптических наноматериалов, эволюции структурных параметров люминесцентных наночастиц в стеклянной матрице.

Определение структурных особенностей и анализ динамики функциональных материалов с молекулярными комплексами и ионных жидкостей.

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.

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

Установка элементов нейтронной транспортной системы и детекторной системы моды радиографии и томографии спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга на 10 канале.

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).

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

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

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

Ракша Е.В.
Горемычкин Е.А.

Реализация

ЛНФ Ересько А.Б., Круглов А.А.

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 нано структурированные;

– 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.

Проведение тестовых измерений с прототипом анализатора на пучке реактора ИБР-2.

Разработка концепции нейтроноводной системы спектрометра.

Сотрудничество по проекту 1149-2

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	АзТУ	Джабаров С.Г.	Совместные работы
			Ходжаев Э.М.	Совместные работы
		ИФ	Мамедов А.И.	Соглашение
			Мехтиева Р.З. + 2 чел.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	НИЦИКН	Симонян А.Е.	Совместные работы
			Ханзатян Г.А.	Совместные работы
		ННЛА	Арутюнян В.В. + 2 чел.	Совместные работы
Беларусь	Минск, MI	БГТУ	Трусова Е.Е. + 2 чел.	Совместные работы
		НИИ ФХП БГУ	Бокшиц Ю.В. + 3 чел.	Обмен визитами
			Бокшиц Ю.В. + 3 чел.	Совместные работы
			Ивашкевич О.А. + 5 чел.	Совместные работы
			Ивашкевич О.А. + 5 чел.	Обмен визитами
		НПЦ НАНБ	Бушинский М.В + 5 чел.	Обмен визитами
			Бушинский М.В + 5 чел.	Совместные работы
			Каланда Н.А. + 6 чел.	Обмен визитами
			Каланда Н.А. + 6 чел.	Совместные работы
			Тишкевич Д.И. + 3 чел.	Совместные работы
			Тишкевич Д.И. + 3 чел.	Обмен визитами
Болгария	София	IE BAS	Куцарова Т. + 4 чел.	Совместные работы
		IEES BAS	Владикова Д.Е.	Совместные работы
			Петкова Т.	Совместные работы
			Райкова Г.	Соглашение
		INRNE BAS	Крежов К.А. + 2 чел.	Совместные работы
		ISSP BAS	Чамати Х.	Совместные работы
		UCTM	Петков П.К.	Соглашение
Венгрия	Будапешт	EK-CER	Алмаши Л. + 2 чел.	Совместные работы
			Рошта Л. + 2 чел.	Совместные работы
		Wigner RCP	Надь Д.Л. + 2 чел.	Совместные работы
Вьетнам	Дананг, DN	DTU	Данг Н.Т. + 2 чел.	Совместные работы
	Ханой, HN	IOP VAST	Кхием Л.Х.	Совместные работы
Египет	Александрия, ALX	AU	Хабиб С.	Совместные работы
			Эльсадиек А. + 1 чел.	Совместные работы
	Гиза, GZ	CU	Свейлам Н.Х. + 1 чел.	Совместные работы
	Каир, C	ASU	Медхат И. + 3 чел.	Совместные работы
			Ханан Эль Х. + 3 чел.	Совместные работы
		EAEA	Абдель-Латиф Ихаб	Совместные работы
			Элбахрави М.	Совместные работы
Индия	Патна, BR	NIT Patna	Маджумдер С.	Совместные работы
	Ченнай, TN	IIT Madras	Кумар Р. + 2 чел.	Совместные работы
Испания	Барселона, CT	ICMAB-CSIC	Фина И. + 1 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Лехона, PV	BCMaterials	Ланцерос-Мендес С. + 2 чел.	Соглашение
	Мадрид, MD	CENIM-CSIC	Фернандес Р. + 2 чел.	Совместные работы
Италия	Мессина, ME	UniMe	Ломбардо Д.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Козловский А.Л. + 3 чел.	Совместные работы
			Сахиев С.К. + 5 чел.	Соглашение
		КазНУ	Ирмухаметова Г.С. + 2 чел.	Соглашение
		НПЦ Микробиологии	Богоявленский А.П. + 3 чел.	Совместные работы
Китай	Дунгуань, GD	CSNS	Жу Т.	Совместные работы
			Ке Ю.	Совместные работы
			Ху Х.	Совместные работы
	Харбин, HL	HEU	Шуйцев А.	Совместные работы
Куба	Гавана	InSTEC	Рамос Бласкес Р.	Совместные работы
Латвия	Рига	ISSP UL	Кузьмин А.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Сангаа Д. + 3 чел.	Совместные работы
			Сэвжидсурэн Г.	Совместные работы
Польша	Белосток, PD	UwB	Рецко К.	Совместные работы
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Булкин А.П. + 2 чел.	Совместные работы
			Воробьев С.И. + 5 чел.	Совместные работы
			Григорьев С.В. + 5 чел.	Совместные работы
			Исаев-Иванов В.В. + 2 чел.	Совместные работы
			Курбаков А.И. + 2 чел.	Совместные работы
			Лебедев В.Т. + 2 чел.	Совместные работы
	Долгопрудный	МФТИ	Рязанов В.В. + 2 чел.	Совместные работы
			Чупин В.В. + 15 чел.	Совместные работы
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"	Гладышев П.П.	Совместные работы
			Кривченко В.А. + 3 чел.	Совместные работы
	Екатеринбург, SVE	ИФМ УрО РАН	Бобровский В.И. + 2 чел.	Совместные работы
			Кравцов Е.А. + 2 чел.	Совместные работы
			Новосёлов Д.Ю.	Совместные работы
			Устинов В.В. + 2 чел.	Совместные работы
		УрФУ	Бабушкин А.Н. + 2 чел.	Совместные работы
			Иванов А.О. + 2 чел.	Совместные работы
	Казань, TA	КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН	Камышев А.А. + 2 чел.	Совместные работы
		КФУ	Таюрский Д.А. + 3 чел.	Совместные работы
		ФИЦ КазНЦ РАН	Учасев К.С. + 2 чел.	Совместные работы
	Калининград	БФУ	Гойхман А.Ю.	Совместные работы
			Клементьев Е.С.	Совместные работы
	Красноярск, KYA	ИФ СО РАН	Ярославцев Р.Н. + 2 чел.	Совместные работы
		СФУ	Столяр С.В. +2 чел.	Совместные работы
		ФИЦ КНЦ СО РАН	Столяр С.В. + 2 чел.	Совместные работы
	Москва, MOW	ВИАМ	Медведев П.Н.	Совместные работы
		ИА РАН	Сапрыкина И.А.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		ИГЕМ РАН	Жариков А.В.	Совместные работы
			Лобанов К.В.	Совместные работы
		ИМЕТ РАН	Серебряный В.Н.	Совместные работы
		Ин-т иммунологии ФМБА	Андреев С.М. + 2 чел.	Совместные работы
		ИНМИ РАН	Гальченко В.Ф.	Совместные работы
			Филлипова С.Н.	Совместные работы
		ИОНХ РАН	Баранчиков А.Е. + 3 чел.	Совместные работы
		ИТПЗ РАН	Родкин М.В.	Совместные работы
		ИФЗ РАН	Баюк И.О.	Совместные работы
			Морозов Ю.А.	Соглашение
			Пономарев А.В. + 2 чел.	Совместные работы
		КК КиФ	Волков В.В. + 3 чел.	Совместные работы
		МГУ	Антипов Е.В. + 2 чел.	Совместные работы
			Асланов Л.А. + 3 чел.	Совместные работы
			Коваленко И.Б. + 3 чел.	Совместные работы
			Коробов М.В. + 2 чел.	Совместные работы
			Перов Н.С. + 2 чел.	Совместные работы
			Трусов Л.А.	Совместные работы
			Хохлов А.Р. + 3 чел.	Совместные работы
			Шуленина А.В.	Совместные работы
			Ягужинский А.С. + 3 чел.	Совместные работы
		МИСИС	Барков Р.Ю.	Совместные работы
			Головин И.С. + 3 чел.	Совместные работы
			Корсунский А.М. + 2 чел.	Совместные работы
			Костишин В.Г.	Совместные работы
			Панина Л.В.	Совместные работы
		МИФИ	Иванова Т.М. + 2 чел.	Совместные работы
			Крымская О.А.	Совместные работы
			Менушенков А.П. + 2 чел.	Совместные работы
		МИЭТ	Яковлев В.Б. + 2 чел.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Тетерева Т.В.	Совместные работы
			Боос Э.Э. + 2 чел.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Алексеев П.А.+ 3ч.	Совместные работы
			Велигжанин А. + 2 чел.	Совместные работы
			Эм В.Т. + 2 чел.	Совместные работы
		ПИН РАН	Пахневич А.В.	Совместные работы
		ФИЦ ХФ РАН	Иткис Д.М. + 3 чел.	Совместные работы
		ЦКММ МИЭМ ВШЭ	Вагов А.В.	Соглашение
	Нижний Новгород	ИФМ РАН	Татарский Д.А. + 2 чел.	Совместные работы
			Фраерман А.А. + 3 чел.	Совместные работы
		ННГУ	Корытцева А.К.	Совместные работы
			Орлова А.И.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Омск, OMS	ОмГУПС	Сосновский Ю.М. + 2 чел.	Совместные работы
	Пермь, PER	ИМСС УрО РАН	Райхер Ю.Л.	Совместные работы
		ИТХ УрО РАН	Астафьева С.А. + 2 чел.	Совместные работы
			Лысенко С Н. + 2 чел.	Совместные работы
	Ростов-на-Дону, ROS	НИИФ ЮФУ	Налбандян В.Б.	Совместные работы
		ЮФУ	Чапек С.В.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	ИВС НИЦ КИ ПИЯФ	Смыслов Р.Ю. + 1 чел.	Совместные работы
		ФТИ Иоффе	Вахрушев С.Б. + 2 чел.	Совместные работы
			Вуль А.Я. + 2 чел.	Совместные работы
		ЦНИИ КМ “Прометей”	Зисман А.А. + 2 чел.	Совместные работы
			Петров С.Н.	Совместные работы
			Рябов В.В.	Совместные работы
			Федосеев М.Л.	Совместные работы
	Ставрополь, STA	СКФУ	Чебышев К.А.	Совместные работы
	Стерлитамак, BA	СФ УУНиТ	Бикулова Н.Н. + 2 чел.	Совместные работы
	Томск, TOM	ТПУ	Лидер А.М. + 2 чел.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИФВД РАН	Бражкин В.В. + 2 чел.	Совместные работы
		ИЯИ РАН	Садыков Р.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Тула, TUL	ТулГУ	Маркова Г.В.	Совместные работы
	Тюмень, TYU	ТюмГУ	Иванова Н.А.	Совместные работы
	Челябинск, CHE	ЮУрГУ	Винник Д.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Черноголовка	ИФТТ РАН	Антонов В.Е. + 2 чел.	Совместные работы
Румыния	Бая-Маре, MM	TUCN-NUCBM	Раколта Д. + 4 чел.	Совместные работы
	Бухарест, B	INCDIE ICPE-CA	Сетнеску Р.	Совместные работы
			Банчиу К.	Совместные работы
			Бара А.	Совместные работы
			Вечю Г.	Совместные работы
			Добрин И.	Совместные работы
			Ион И.	Совместные работы
			Китану Е.	Совместные работы
			Кодеску М.М.	Совместные работы
			Кырстеа К.Д.	Совместные работы
			Ликсандру А.	Совместные работы
			Лукач М.	Совместные работы
			Манта Э.	Совместные работы
			Патрой Е.А.	Совместные работы
			Патруа Д.	Совместные работы
		UB	Килом К. + 2 чел.	Совместные работы
	Клуж-Напока, CJ	INCDTIM	Рада Н.	Совместные работы
			Рада С.	Совместные работы
		RA BC-N	Бурзо Э.	Совместные работы
		UBB	Бурзо Э. + 2 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Рошиору К. + 3 чел.	Совместные работы
	Констанца, CT	MINAC	Талмацки К.	Совместные работы
	Питешти, AG	UPIT	Дуку К.	Совместные работы
	Тимишоара, TM	ICT	Пуц А-М.	Совместные работы
		UVT	Бика И. + 2 чел.	Совместные работы
			Буною М. + 7 чел.	Совместные работы
			Малаевски И.	Совместные работы
	Тырговиште, DB	VUT	Пехою Г.	Совместные работы
			Радулеску К.	Совместные работы
	Яссы, IS	NIRDTP	Кириак Х.	Совместные работы
			Лупу Н.	Совместные работы
		TUIASI	Кашкавал Д.	Совместные работы
		UAI	Ичим Д.	Совместные работы
		UAIC	Игнат М.	Совместные работы
			Ишан В.	Совместные работы
			Мата К.	Совместные работы
			Онофрей М.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	VINCA	Балванович Р. + 10 чел.	Совместные работы
			Матович Б. + 2 чел.	Совместные работы
	Нови-Сад, VO	UNS	Милджевич Б.	Совместные работы
Словакия	Кошице, KI	IEP SAS	Копчански П. + 2 чел.	Совместные работы
США	Беркли, CA	UC	Венк Х.-Р.	Совместные работы
Таджикистан	Душанбе, DU	НАНТ	Курбониён М.С.	Совместные работы
		ТТУ	Хусензода М.А.	Совместные работы
		ФТИ НАНТ	Рахмонов Х.Р.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз	Ташметов М.Ю. + 2 чел.	Соглашение
Франция	Гренобль, ARA	IBS	Горделий В.И. + 5 чел.	Совместные работы
		ILL	Иванов А.	Совместные работы
	Жив-сюр-Иветт	LLB	Дэмэй Ф.	Совместные работы
			Поршэ Ф.	Совместные работы
Чехия	Прага, PR	CTU	Кучеракова М.+ 1 чел.	Совместные работы
		IG CAS	Локайчик Т.+ 3 чел.	Совместные работы
		IP CAS	Ирак З. + 2 чел.	Совместные работы
Швейцария	Филлиген, AG	PSI	Помякушин В.	Совместные работы
ЮАР	Претория, GT	Necsa	Вентер Э. + 5 чел.	Совместные работы
		UP	Селищев П.О.	Совместные работы
Япония	Токио	Keio Univ.	Ясуоко К. + 1 чел.	Совместные работы
		Waseda Univ.	Ямомото Т. + 5 чел.	Совместные работы

Наименование проекта	Руководители проекта	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.**	Реализация
ЛНФ	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 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 технического проекта детектора обратного рассеяния ДОР-ФСД для спектрометра 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 установки для радиационных исследований 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:
Ввод в эксплуатацию детектора ДОР на дифрактометре ФДВР на 5-м канале реактора ИБР-2 и получение первых физических результатов.

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

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

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

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

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 проекта детектирующего модуля и системы накопления данных для многодетекторной системы спектрометра ДН-12, испытание элементов системы накопления на нейтронном пучке.

Развитие инфраструктуры для создания детекторов нейтронов.

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

Сборка криостата рефлектометра РЕМУР – собрана колонка ожижителя 4He на базе криокулера; колонка термостатирования сверхнизких температур; установлен криокулер векторного магнита. Место сборки – криогенный стенд, здание 119.

Разработка, проведение монтажа и пуско-наладочных работ, системы управления и контроля замедлителя КЗ-202 в направлении пучков №№ 7, 8, 10, 11 реактора ИБР-2, а также диспетчерской системы автоматизированного управления комплексом криогенных замедлителей. Выполнение программы и методики испытаний системы на мощности реактора ИБР-2, ввод в штатную эксплуатацию.

Сборка тестового криостата для исследования токовводов и катушек магнита.

Получение кусков ВТСП ленты, необходимых для намотки катушек магнита, путем пайки отрезков.

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.

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

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

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

Наименование подпроекта	Руководитель подпроекта	Статус
2.1. Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР-А) для дифрактометра ФДВР	**Милков В.М.**	Реализация

ЛНФ Балагуров А.М., Богдзель А.А., Богомолова Н.Н., Богомолова О.Н., Ван Хай, Володин О.В., Даулбаев О., Дроздов В.А., Кислицын П.А., Козляковская А.А., Курилкин А.К., Литвиненко Е.И., Малькова Г.Е., Мурашкевич С.М., Подлесный М.М., Швецов В.В.

Краткая аннотация и научное обоснование по подпроекту:
В настоящее время детекторная система ФДВР состоит из трех детекторов, два из которых расположены при углах рассеяния ±152°, а третий – при 90°. Первые два используются в основном для исследований структуры поликристаллов, третий – для измерений внутренних напряжений. Детектирующим элементом являются сцинтилляторы на основе Li-стекол. С современной точки зрения детекторы ФДВР имеют два недостатка: повышенную чувствительность к g-фону и малый телесный угол (~0.16 ср.). Из-за этого получаемые дифракционные спектры имеют повышенный фон и малую (по современным критериям) скорость набора данных при том, что поток нейтронов на образце достаточно высок (10^7 н/см^2/с).

Для устранения этих недостатков в 2017 г. было предложено заменить существующие детекторы обратного рассеяния (ДОР) на новый широкоапертурный сцинтилляционный детектор (ДОР-А – детектор обратного рассеяния апертурный) на основе сцинтиллятора ZnS(Ag)/^{6}LiF с использованием комбинированной электронно-геометрической фокусировки. Создание такого детектора позволит кардинально улучшить параметры дифрактометра ФДВР и вывести его на лидирующие позиции в мире. Оценки показывают, что использование нового широкоапертурного детектора позволит примерно в два-три раза увеличить число проводимых экспериментов, при этом заметно повысится точность получаемой структурной информации, а также существенно расширятся возможности дифрактометра по выполнению экспериментов при задании различных внешних воздействий на образец.

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

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

2.2. Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами

Черников А.Н.

Реализация

ЛНФ Алтынов А.В., Боднарчук В.И., Буздавин А.П., Жакетов В.Д., Зернин Н.Д., Морковников И.А., Петухова Т.Б, Садилов В.В., Люсина У.Д., 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 рефлектометра РЕМУР – собрана колонка ожижителя 4He на базе криокулера; колонка термостатирования сверхнизких температур; установлен криокулер векторного магнита. Место сборки криогенный стенд здание 119.

Сборка тестового криостата для исследования токовводов и катушек магнита.

Получение кусков ВТСП ленты, необходимых для намотки катушек магнита, путем пайки отрезков.

2.3. Разработка и развитие элементов инфраструктуры спектрометров на реакторе ИБР-2

Боднарчук В.И.
Приходько В.И.
Булавин М.В.

Реализация

ЛНФ Астахов Ю.А., Булавина В.В., Восканян Е.Ю., Дыдышко Т.Н., Егоров В.Ю., Ермолаева О.В., Журавлев В.В., Иоффе А.И., Кирилов А.С., Ковалев И.В., Колесников А.Г., Милкова Т.В., Оводов А.С., Петрова М.О., Сухомлинов Г.А., Чураков А.В, Швецов Н.В., Широков В.К., Яковлев К.Б.

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 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:
Разработка технической документации на оборудование систем управления комплекса криогенных замедлителей реактора ИБР-2; проведение пуско-наладочных работ систем управления коллекторного узла и трубопроводов охлаждения, а также криогенных замедлителей КЗ-201, КЗ-202; комплектование и монтаж диспетчерской системы с сервером, объединяющей контроль и управление всем комплексом криогенных замедлителей; проведение пуско-наладочных работ диспетчерской системы.

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 технического проекта детектора обратного рассеяния ДОР-ФСД для спектрометра 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.

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.

Изучение радиационной стойкости материалов на установке для радиационных исследований реактора ИБР-2.

Штатная эксплуатация системы прецизионного (высокоточного) перемещения установки к реактору ИБР-2, изготовление автоматизированного хранилища радиоактивных образцов в соответствии с разработанной РКД.

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

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:
Разработка, проведение монтажа и пуско-наладочных работ, системы управления и контроля замедлителя КЗ-202 в направлении пучков № № 7, 8, 10, 11 реактора ИБР-2, а также диспетчерской системы автоматизированного управления комплексом криогенных замедлителей. Выполнение программы и методики испытаний системы на мощности реактора ИБР-2, ее ввод в штатную эксплуатацию. Разработка автоматизированного устройства высокой производительности для изготовления рабочего вещества для комплекса криогенных замедлителей реактора ИБР-2.

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

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

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

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

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 и изготовление 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 проекта детектирующего модуля и системы накопления данных для многодетекторной системы спектрометра ДН-12, испытание элементов системы накопления на нейтронном пучке.

Развитие инфраструктуры для создания детекторов нейтронов.

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

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

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

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

Изучение радиационной стойкости материалов на установке для радиационных исследований реактора ИБР-2. Разработка системы прецизионного перемещения установки для радиационных исследований в составе роботизированной системы перемещения радиоактивных образцов с системой визуального и дозового контроля. Изготовление автоматизированного хранилища радиоактивных образцов в соответствии с разработанной РКД.

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

Сотрудничество по проекту 1149-3

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ	Кутень С.А. + 2 чел.	Совместные работы
			Кутень С.А. + 2 чел.	Обмен визитами
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Рошта Л. + 2 чел.	Совместные работы
Египет	Каир, C	EAEA	Абдель-Латиф Ихаб	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Сахиев С.К. + 5 чел.	Совместные работы
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Алтынбаев Е.В.	Совместные работы
			Булкин А.П. + 2 чел.	Совместные работы
			Григорьев С.В.	Совместные работы
	Долгопрудный	МФТИ	Рогачев А.В.	Совместные работы
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"	Немченок И.Б. + 2 чел.	Соглашение
	Екатеринбург, SVE	ИФМ УрО РАН	Кравцов Е.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Казань, TA	КФУ	Гафуров М.Р.	Совместные работы
	Москва, MOW	НИЦ КИ	Борисова П.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Садыков Р.А. + 2 чел.	Совместные работы
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH	Пентия М.	Соглашение
	Клуж-Напока, CJ	INCDTIM	Пана О.	Соглашение
			Раду С.	Совместные работы
		UBB	Рошиору К. + 3 чел.	Соглашение
		UTC-N	Паскута П.	Соглашение
	Тырговиште, DB	VUT	Бенкуцэ Ю.	Соглашение
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз	Ташметов М.Ю.	Соглашение
Чехия	Ржеж, ST	UJV	Харут Д.	Соглашение
Швеция	Лунд, M	ESS ERIC	Халл-Вилтон Р.	Соглашение

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	
3. Новый перспективный источник нейтронов 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 высоко интенсивных 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.

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 водородосодержащих замедлителей при различной геометрии.

Создание прототипа установки для реализации технологии непрерывной загрузки-выгрузки замороженного материала в камеру замедлителя.

Предложение по расположению выведенных пучков источника и концепции приборной базы.

Разработка схемы верификации программных средств для импульсного реактора.

Наименование подпроекта	Руководители подпроекта	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.**	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., Галушко А.В., Горемычкин Е.А., Гроздов Д.С., Дикова Т.С., Дорофеев П.А., Ермолаев В.В., 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., Рзянин М.В., Федорова Т.Ю., Франк А.И., Хассан А.А., Храмко К., Чепурченко Р.В., Шабалин Е.П., 3 научных сотрудника, 3 инженера
ВНИИТФ	Андреев С.А., Хмельницкий Д.В., 3 научных сотрудника
ВНИИНМ	Давыдов А.В., Иванов Ю.А., 4 научных сотрудника, 7 инженеров
НИКИЭТ	Горячих А.Б., Лопаткин А.В., Третьяков И.Т., 3 научных сотрудника, 4 инженера

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 НЕПТУН с учетом допустимых флуктуаций и температурных деформаций его составных частей активной зоны, корпуса и модулятора.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:
Экспериментальное определение параметров модельных твэлов или ТВС для реактора НЕПТУН на лабораторном стенде СНИКЗ ЛНФ при различных схемах закрепления.

Результаты расчетов по динамике ИРПД с учетом полученных экспериментальных данных в рамках разработанной математической модели.

Расчеты динамики импульсных реакторах периодического действия, в т.ч. с использованием экспериментальных данных реакторов ИБР-2/ИБР-2М в рамках развитой математической модели с целью выявления причин возникновения колебательной неустойчивости.

Сотрудничество по проекту 1149-4

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Аргентина	Барилоче, RN	CAB CNEA	Гранада Р.	Совместные работы
Беларусь	Минск, MI	БГТУ	Дормешкин О.Б. + 3 чел.	Обмен визитами
			Дормешкин О.Б. + 2 чел.	Совместные работы
			Трусова Е.Е. + 3 чел.	Обмен визитами
			Трусова Е.Е. + 3 чел.	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Рошта Л. + 2 чел.	Совместные работы
Германия	Берлин, BE	HZB	Вильперт Т.	Совместные работы
	Юлих, NRW	FZJ Helmholtz	Иоффе А.	Совместные работы
МАГАТЭ	Вена, AT	МАГАТЭ	Чакров П.В. + 2 чел.	Совместные работы
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Булкин А.П. + 2 чел.	Совместные работы
			Григорьев С.В.	Совместные работы
	Москва, MOW	ВНИИНМ РОСАТОМ	Иванов Ю.А. + 5 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		НИКИЭТ РОСАТОМ	Лопаткин А.В. + 20 чел.	Совместные работы
			Третьяков И.Т.+ 20ч.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Эмм В.Т. + 2 чел.	Совместные работы
	Обнинск, KLU	ФЭИ РОСАТОМ	Клинов Д.А. + 5 чел.	Совместные работы
	Снежинск, CHE	РФЯЦ-ВНИИТФ	Хмельницкий Д.В. + 5 чел.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Садыков Р.А. + 2 чел.	Совместные работы
Румыния	Бухарест, B	INCDIE ICPE-CA	Добрин И.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз	Ташметов М.Ю.	Совместные работы
Франция	Гренобль, ARA	ILL	Несвижевский В.	Совместные работы
Чехия	Ржеж, ST	NPI CAS	Штрунц П. + 1 чел.	Совместные работы
Швеция	Лунд, M	ESS ERIC	Холуилтон Р. + 3 чел.	Совместные работы
ЮАР	Претория, GT	UP	Ракитянский С.	Совместные работы

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, Венгрия, Вьетнам, Германия, Индия, Иран, Испания, Италия, Канада, Китай, Польша, Португалия, Россия, Сербия, Словакия, США, Финляндия, 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
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	
1.	**Квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели**	**Казаков Д.И.** **Бедняков А.В.**

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., Ха Тхань Хунг, 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:
Анализ связи между поведением инвариантного заряда КХД в непертурбативной области и вкладами операторов высших твистов на основе данных из правил сумм Бьёркена для глубоконеупругого рассеяния.

Обработка данных глубоконеупругого рассеяния с использованием аналитической константы связи и сравнение полученных результатов с существующими подходами.

Количественный анализ параметров распада закрученных частиц (мюонов и нейтронов).

Вывод и исследование аналических решений уравнений ренормализационной группы ряда квантово-полевых моделей с помощью нового алгоритма итеративного суммирования вкладов старших порядков теории возмущений.

Исследование низкоэнергетического эффективного действия в четырехмерных безмассовых суперсимметричных моделях.

Расчет петлевых аномальных киральных вкладов в эффективный потенциал в рамках суперполевого формализма.

Расчет поправок второго порядка в аномальные размерности операторов с фиксированным гиперзарядом в рамках разложения по большому заряду, примененному к Стандартной модели. Сравнение результатов с пертурбативными вычислениями.

Разработка эффективного алгоритма для асимптотического разложения интегралов Эйлера-Меллина и аналитического продолжения гипергеометрических функций Гельфанда-Капранова-Зелевинского.

Аналитический расчет вкладов второго порядка (NNLO) квантовой электродинамики в полное сечение процесса аннигиляции $e^+e^- \to \mu^+\mu^-$.

Изучение феноменологических проявлений дополнительного тяжелого Z'-бозона, предсказываемого в моделях Новой физики типа 3-3-1 с расширенной калибровочной группой.

Вывод соотношений между модулированными вкладами адронной функции поляризации вакуума в аномальный магнитный момент мюона в пространственноподобной и времениподобной области.

Вывод аналитических выражений для электромагнитных поправок к аномальным магнитным моментам лептонов, учитывающих вклады диаграмм со вставками поляризационного оператора из лептонных петель и смешанного типа, а также оценка точности соответствующих асимптотических разложений.

Детальное описание свойств космологических возмущений и оценка их возможной роли в объяснении механизмов быстрого образования сверхмассивных черных дыр в ранней Вселенной.

Анализ процессов формирования галактик и поля скоростей в центральной области войда с последующим сопоставлением теоретических предсказаний с наблюдательными данными.

Исследование механизма формирования скалярных бозонных звезд в полевых моделях со случайными блуждающими флуктуациями.

Построение полевой модели для векторной (Прока-) звезды с минимальными взаимодействиями со скалярными полями и гравитацией.

Анализ влияния параметров черной дыры (массы, спина, заряда), внешних полей, "волос", фактора серого тела и эффектов памяти на нейтринное излучение Хокинга первичных и галактических черных дыр.

Оценка количества первичных черных дыр на хаббловский объем с почти экстремальным цветовым зарядом и неабелевыми "волосами". Анализ возможных феноменологических следствий.

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

ЛТФ Аникин Ю.А., Бытьев В.В., Волчанский Н.И., Голоскоков С.В., Жевлаков А.С., Захаров В.И., Красников Н.В., Оганесян А.Г., Пивоваров А.А., Пимиков А.В., 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.

Численная и аналитическая оптимизация пертурбативных рядов для наблюдаемых с использованием beta-разложения и ренормализационной группы в КХД.

Вычисление несинглетного ядра эволюции ERBL (Ефремова - Радюшкина - Бродского - Лепажа) и коррелятора двух векторных составных токов кварков КХД в порядках $\alpha^2_s(\alpha_s\beta_0)^{n-1}$ и $\alpha^3_s\beta_1(\alpha_s\beta_0)^{n-2}$.

Анализ поляризационных эффектов в упругих процессах e+p to e+p в приближении однофотонного обмена в случае, когда оси квантования спинов у покоящейся протонной мишени и у падающего либо рассеянного электрона параллельны.

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 с использованием ренормализационной группы в КХД.

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

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

Вычисление новых непертурбативных вкладов в функцию Адлера КХД в сублидирующем порядке разложения по

большому числу кварковых ароматов средствами ресургентного анализа.

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

Исследование аксионного и векторного портала между Стандартной моделью и темным сектором, получение ограничений из экспериментов на фиксированной мишени.

Поиск ограничений на темную материю из редких распадов мезонов.

Вычисление электромагнитного формфактора пиона для умеренных передач импульса в рамках аналитической теории возмущений КХД, сравнение с последними экспериментальными данными JLab.

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

Сравнительный анализ различных подходов к построению аксионной электродинамики, основанной на аксион-фотонной связи.

Исследование диссипативных свойств релятивистской квантовой среды в искривленных пространствах с горизонтом и поиск диссипативных транспортных коэффициентов для теорий с различными спинами, а также анализ связи с предсказаниями, основанными на теории струн.

Оценка вкладов тензорного померона в спиральные амплитуды нуклон-нуклонного рассеяния в зависимости от энергии. Получение количественного описания 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 в столкновениях тяжёлых ионов.

Исследование диссипативных транспортных явлений в неинерциальных системах, а именно, вычисленне 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.

3. Феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика — **Коробов В.И.**, **Иванов М.А.**

ЛТФ Азнабаев Д., Гуржав Г., Исадыков А.Н., Мелихов Д.И., Суровцев Ю.С., Тюлемисов Ж., Тюлемисова 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:
Вычисление релятивистских поправок в порядках $m(Z\alpha)^6$ и $m(Z\alpha)^6(m/M)$ в формализме задачи трех тел.

Разработка эффективной теории для взаимодействий NRQED масштаба $< (\alpha r_0)$, где r_0 - боровский радиус, для вычисления поправок порядка $m\alpha^7$- $m\alpha^8$ и выше с относительной точностью порядка 10^{-12} для энергий ро-вибрационных переходов.

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^+.

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

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

4. Теория адронной материи при экстремальных условиях

Брагута В.В.
Коломейцев Е.Е.
Неделько С.Н.

ЛТФ Бордаг М., Воронин В.Э., Воскресенский Д.Н., Иванов Ю.Б., Монтенегро Д., 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:
Вычисление потенциала межкваркового взаимодействия и энергетических потерь высокоэнергетических кварков, проходящих сквозь плазму, в присутствии 1) электромагнитных полей и 2) ускорения, в рамках голографической модели N = 4 SYM плазмы.

Изучение сценария разрушения аналитического конфайнмента в КХД при конечной температуре адронов, сопровождающегося восстановлением киральной симметрии, и оценка соответствующей критической температуры фазового перехода.

Изучение сценария разрушения аналитического конфайнмента в КХД при конечной температуре адронов, сопровождающегося восстановлением киральной симметрии, и оценка соответствующей критической температуры фазового перехода.

Усовершенствование сценария «Охлаждения ядерной среды» для описания нейтринного излучения компактных звезд. Будет использовано более реалистическое описание пионных степеней свободы в коде.

Изучение неустойчивости вакуума бозонов при вращении. Рассмотрение векторных бозонов и взаимного влияния полей и вращения.

Изучение значений барионной плотности, достигаемых в столкновениях тяжёлых ионов в диапазоне энергий NICA и FTX-STAR, в рамках модели трёх-жидкостной динамики (3FD).

Систематические расчёты направленного потока барионов в диапазоне энергий NICA и FTX-STAR для предсказания результатов будущих экспериментов с особым вниманием к сигналам начала перехода в кварк-глюонную фазу.

Изучение влияния ускорения на свойства КХД в рамках решеточного моделирования. В частности, изучение влияние ускорения на фазовый переход конфайнмент/деконфайнмент в глюодинамике и возможность реализации пространственно неоднородного фазового перехода.

Изучение пространственно неоднородных фазовых переходов конфайнмент/деконфайнмент и нарушение/ восстановление киральной симметрии во вращающейся КХД в рамках решеточного моделирования КХД с динамическими кварками с массами близкими к физическим.

Изучение влияния спинового потенциала на свойства КХД, в частности, вычисление спиновой плотности, спиновой восприимчивости и возможности перехода спиновых степеней свободы в угловое вращение.

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

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 процессов тормозного излучения и рождения электрон-позитронной пары в целях использования для получения поляризованного позитронного пучка.

Вычисление спиновой асимметрии в процессах рождениях векторных бозонов в протон-протонных столкновениях в условиях эксперимента STAR.

Исследование распадов мезонов в основном и возбужденном состоянии и процессов рождения мезонов в распадах тау-лептона в кварк-мезонной модели Намбу-Иона-Лазинио.

Вычисление вклада виртуальных фотонов в массы псевдо-голдстоуновских состояний в рамках 1/Nc киральной теории возмущений с целью выявления роли глюонной аномалии в механизме восстановления изоспиновой симметрии, нарушенной массами легких кварков.

Вычисление 1/Nc поправок к аномалии Весса-Зумино-Виттена, обусловленных вкладом виртуальных фотонов, для изучения их роли в описании феноменологических данных по двухфотонным распадам нейтрального пиона, эта- и эта-штрих мезонов.

Развитие метода структурных функций в квантовой электродинамике и его применение для вычисления радиационных поправок высших порядков к процессам взаимодействия элементарных частиц, изучаемых на современных и будущих экспериментах.

Вычисление вкладов квантовых эффектов в процессы интенсивного космологического рождения частиц в ранней вселенной.

Установление условий, позволяющих детектировать нейтриные всплески от удалённых сверхновых (с идентификацией источника) на современных и будущих нейтринных телескопах.

Учёт резонасных эффектов при преломлении (рассеянии «прямо-вперёд») нейтрино в плазме ранней Вселенной, включая эволюцию переходов между активными и стерильными нейтрино, а так же эффекты CP-нарушения.

Численное моделирование на суперкомпьютере ОИЯИ «Говорун» процесса прохождения пучка нейтрино высоких энергий в окрестности сверхмассивной черной дыры (СМЧД). При этом, направление потока падающих на СМЧД нейтрино относительно её спина будет считаться произвольным.

Расчёт характеристик сверхтекучего нейтринного конденсата, таких как температура фазового перехода и длины корреляции, а также характерного времени остывания кластера, с использованием методов квантовой теории поля при конечной температуре.

Разработка прецизионных параметризаций электромагнитных формфакторов протона и нейтрона, основанная на данных по упругому рассеянию электронов на водородных и дейтериевых мишенях. Анализ влияния неопределённостей настраиваемых параметров на сечения квазиупугого рассеяния нейтрино на ядрах и на вектор поляризации конечного лептона.

Усовершенствование современных моделей квазиупругого и резонансного нейтринорождения лептонов на нуклонах и ядрах с учётом ускорительных данных по рассеянию электронов и нейтрино. Проверка выполнения ограничений положительности — чувствительного критерия корректности модели. Имплементация результатов в Монте-Карловский нейтринный генератор GENIE.

Получение уточненных ограничений на массу гравитона с учетом новых наблюдательных данных на движение ярких звезд в окрестности Галактического Центра.

Рассмотрение гравитационного линзирования для модели Галактического Центра из темной материи.

Расчёт параметров гравитационных теней в окрестностях галактических центров для голых сингулярностей и кротовых нор.

Сотрудничество по теме 1135

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Беларусь	Гомель, НО	ГГТУ	Авакян С.Л. + 3 чел.	Совместные работы
			Авакян С.Л. + 3 чел.	Обмен визитами
			Бабич А.А. + 1 чел.	Совместные работы
			Бабич А.А. + 1 чел.	Обмен визитами
			Лашкевич В.И. + 2 чел.	Совместные работы
			Лашкевич В.И. + 2 чел.	Обмен визитами
			Серенкова И.А. + 1 чел.	Совместные работы
			Серенкова И.А. + 1 чел.	Обмен визитами
			Тимошин С.И. + 2 чел.	Обмен визитами
			Тимошин С.И. + 2 чел.	Совместные работы
			Черниченко Ю.Д.	Совместные работы
			Черниченко Ю.Д.	Обмен визитами
		ГГУ	Андреев В.В. + 2 чел.	Обмен визитами
			Андреев В.В. + 2 чел.	Совместные работы
			Максименко Н.В.+ 1ч.	Совместные работы
			Максименко Н.В.+ 1ч.	Обмен визитами
	Минск, МІ	ИФ НАНБ	Курочкин Ю.А.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Курочкин Ю.А.	Обмен визитами
			Редьков В.М. + 3 чел.	Совместные работы
			Редьков В.М. + 3 чел.	Обмен визитами
		НИИ ЯП БГУ	Ильичев А.Н.	Совместные работы
			Ильичев А.Н.	Обмен визитами
		ОИЭЯИ-Сосны	Галынский М.В.	Совместные работы
			Галынский М.В.	Обмен визитами
			Шапоров В.А.	Совместные работы
			Шапоров В.А.	Обмен визитами
Болгария	София	INRNE BAS	Бакалов Д.	Совместные работы
Великобритания	Ливерпуль, MSY	UOL	Андреопулос К.	Совместные работы
	Лондон, LND	IMPERIAL	Масаки Хори	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	ELTE	Карккяйнен Т.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой, HN	IOP VAST	Ву Хоа Бинь	Соглашение
			Ха Тхань Хунг	Соглашение
	Хошимин, SG	VNUHCM	Тран Ц.Т.	Совместные работы
Германия	Гамбург, HH	UHH	Безуглов М.А.	Совместные работы
			Веретин О.Л.	Совместные работы
			Книль В.	Совместные работы
			Мок С.	Совместные работы
	Дюссельдорф, NRW	HHU	Шиллер С.	Совместные работы
	Регенсбург, BY	UR	Веретин О.Л.	Совместные работы
	Тюбинген, BW	Ун-т	Любовицкий В.Е.	Соглашение
			Фогельзанг В.	Соглашение
	Цойтен, BB	PITZ DESY	Риман С. + 1 чел.	Совместные работы
Индия	Калькутта, WB	IACS	Рой Соуров	Совместные работы
	Сунабеда, OD	CUO	Горай М.	Совместные работы
	Эттимадаи, TN	Amrita Univ.	Джйоти Лакшми ОП	Совместные работы
			Лакшми Дж. Наик	Совместные работы
			Шриикант В.	Совместные работы
Иран	Тегеран	IPM	Азизи К.	Совместные работы
		UT	Гохарипур М.	Совместные работы
Испания	Гранада, AN	UGR	Амаро Э.С.	Совместные работы
			Симо И.Р.	Совместные работы
Италия	Неаполь, NA	INFN Naples	Санторелли Ф.	Соглашение
Канада	Корнер-Брук, NL	MUN	Алексеевс А.Г.	Совместные работы
			Барканова С.	Обмен визитами
Китай	Гуанчжоу, GD	SYSU	Цзоу Л.	Совместные работы
			Чжан П.	Совместные работы
	Ланьчжоу, GS	IMP CAS	Жанг П.	Совместные работы
			Се Я.П.	Совместные работы
			Чен. Х.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Пекин, BJ	IHEP CAS	Манки Руан + 1 чел.	Совместные работы
	Хайкоу, HI	HNU	Жонг Ж.С.	Совместные работы
Польша	Катовице, SL	US	Глуза Я.	Совместные работы
	Краков, MA	IFJ PAN	Вонс З.	Совместные работы
	Отвоцк-Сверк, MZ	NCBJ	Шимановский Л.	Обмен визитами
Португалия	Коимбра	UC	Блин А.Х.	Совместные работы
			Хиллер Б. + 3 чел.	Совместные работы
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ	Герасименюк Н.В.	Совместные работы
			Гой В.А.	Совместные работы
			Молочков А.В.	Совместные работы
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"	Арбузова Е.В.	Совместные работы
	Иркутск, IRK	ИГУ	Буднев Н.М.	Совместные работы
		ИДСТУ СО РАН	Раджабов А.Е. + 1 чел.	Обмен визитами
	Москва, MOW	ИТЭФ	Борк Л.В.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Платонова М.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН	Ли Р.Н.	Совместные работы
		НГУ	Бондарь А.Е.	Совместные работы
			Долгов А.Д.	Совместные работы
			Кравченко Е.А.	Совместные работы
			Панасенко Л.А.	Совместные работы
			Поздняков Н.А.	Совместные работы
			Руденко А.С.	Совместные работы
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Борняков В.Г.	Совместные работы
			Кудров И.Е.	Совместные работы
			Рогалев Р.Н.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Кирпичников Д.	Совместные работы
	Черноголовка	ИТФ РАН	Вергелес С.Н. + 2 чел.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	AOB	Йованович П.	Совместные работы
			Попович Л.	Совместные работы
		VINCA	Борка В.	Совместные работы
			Борка Д.	Совместные работы
			Йованович З.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	CU	Дубничкова А.З.	Совместные работы
		IP SAS	Дубничка С. + 5 чел.	Совместные работы
			Липтай А.	Совместные работы
США	Уэйко, TX	BU	Ворд Б.Ф.Л.	Совместные работы
Финляндия	Хельсинки	HIP	Уиту К.	Совместные работы
Франция	Жив-сюр-Иветт	Irfu	Томази-Густаффсон Э.	Совместные работы
	Париж, IDF	ENS	Карр Ж.Ф.	Совместные работы
		IHP	Тебер С.	Совместные работы
Хорватия	Загреб	RBI	Антипин О.	Совместные работы
Чили	Арика, AP	UTA	Аяла Ц.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Сантьяго, RM	UNAB CTEPP	Замора-Саа Д.	Совместные работы
Швеция	Стокгольм, AB	KTH	Вихонен С.	Совместные работы

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, 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
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	
1.	**Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики**	**Джиоев А.А.**
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:
Микроскопическое исследование кластерных состояний в рамках симплектического кластерного подхода.

Анализ ширины двойного γ-распада низкоэнергетического 3^- состояния.

Изучение тонкой структуры изоскалярного монопольного и квадрупольного резонансов в сферических ядрах.

Изучение гигантского дипольного резонанса, электрического спин-дипольного резонанса и коллективных спиновых M2 состояний в тяжелых четно-четных сферических и аксиально деформированных ядрах в рамках метода моментов функции Вигнера.

Исследование K-изомеров в изотопах нобелия с использованием метода Липкина-Ногами и эффекта блокировки спаривания.

Вейвлет анализ изоскалярных монопольных возбуждений в ядре ^{24}Mg.

Анализ недавно обнаруженного ножничного M1 резонанса в ^{254}No.

Изоэнергетическое описание вынужденного деления в рамках теории функционала плотности энергии.

Расчеты с модифицированным функционалом плотности энергии Фаянса зарядовых радиусов и периодов бета-распада нейтронно-избыточных ядер в области 3-го пика r-процесса.

2. Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем **Ершов С.Н. Адамян Г.Г.**

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., Шнейдман Т.М., Шульгина Н.Б.

ЛИТ Буша Я., Никонов Э.Г.

ЛЯР 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 проявления альфа-частичных мод возбуждения в свойствах сверхтяжелых ядер и ядер средней массы с N=Z.

Исследование свойств первых возбужденных 1^- состояний в тяжелых ядрах.

Исследование свойств полумагических ядер с замкнутой протонной оболочкой и при начале заполнения нейтронной оболочки.

Исследование возможности образования новых нейтронно-обогащенных изотопов в реакциях многонуклонных передач при промежуточных энергиях.

Предсказание сечений образования новых нейтронно-дефицитных изотопов в каналах эмиссии нейтронов реакций полного слияния на мишенях свинца и висмута.

Предсказание сечений образования новых сверхтяжелых ядер в реакциях полного слияния с налетающими ядрами ^{49}Sc, ^{50}Ti, ^{51}V, ^{54}Cr. Изучение изотопической зависимости сечений.

Изучение роли кластерных степеней свободы в спонтанном и вынужденном двойном и тройном делении.

Вывод полуэмпирической формулы для расчета периодов полураспада спонтанного деления тяжелых и сверхтяжелых ядер.

Исследование роли деформации ядер при спонтанном тройном делении ^{252}Cf в рамках микро-макроскопического подхода.

Исследование возможности синтеза нейтронообагащенных изотопов сверхтяжелых ядер в реакциях многонулонных передач в рамках модели двойной ядерной системы.

Вычисление выходов различных тройных каналов распада при спонтанном и индуцированном тройном делении тяжелых ядер в рамках модели тройной ядерной системы.

3. Квантовые системы нескольких частиц

Мотовилов А.К.
Мележик В.С.

ЛТФ Борников К.А., Валиолда Д., Ветров С.С., 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., Саймуха А.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:
Создание феноменологической модели синтеза лёгких ядер с присутствием в зоне взаимодействия отрицательно заряженных лептонов.

Исследование адсорбции атомов Hg, Cn, Pb и Fl на тригональной поверхности селена с учетом релятивистких поправок, основанное на первых принципах.

Исследование Ван-дер-Ваальсовских кластеров с атомами He и Ne и возможных ефимовских состояний в фаддеевском подходе.

Изучение спектров нейтрино магниторотационных сверхновых в зависимости от порядка масс.

Исследование выстраивания и ориентации молекул типа симметричного волчка с помощью двухцветных лазерных импульсов.

Получение точных аналитических результатов для системы трех частиц с контактными взаимодействиями.

Получение оценок для унитарно-инвариантных норм тангенса операторного угла поворота спектрального подпространства при аддитивном возмущении гамильтониана.

Исследование резонансного рассеяния мюонов на атомных ядрах.

Исследование ионизации атома протоном с энергией 75 кэВ в области подхвата электрона протоном.

Исследование пороговых особенностей многоканальных матриц Йоста.

Исследование кинетики роста слоя силицида хрома в бинарных пластинах кремний-хром.

Исследование явлений полного отражения и «канальных» состояний, возникающих при рассеянии нейтронов на одинарных и двойных слоях графена.

Расчет полного сечения развала гало ядра ^{11}Be при столкновениях с мишенями в различных диапазонах масс.

Исследование классического представления для прямоугольной потенциальной ямы.

4. Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы — **Бондаренко С.Г., Ларионов А.Б.**

ЛТФ Дмитриенко У.А., Калинин А.С., Каптарь Л.П., Лукьянов В.К., Парван А., Сулюкова К.М., Титов А.И., Тонеев В.Д., Фризен А.В., Юрьев С.А.

ЛИТ Калиновский Ю.Л., 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:
Расчет кварк-антикварковых конденсатов и масс мезонов при конечной температуре в расширенной линейной сигма-модели.

Расчет адронных распадов легких и тяжелых мезонов в рамках кварковой модели с сепарабельным ядром взаимодействия.

Исследование трехчастичных систем, в том числе связанных состояний и состояний рассеяния в областях средних и высоких энергий с использованием ранее построенного и апробированного формализма Бете-Солпитера-Фаддеева. Рассмотрение как нуклонных систем, так и систем, включающих гипероны.

Включение промежуточного Δ(1232) резонанса в расчет амплитуды процесса pd→ppn методом обобщенного эйконального приближения. Проверка построенной модели сопоставлением с экспериментальными данными по спектрам кумулятивных протонов и тензорной анализирующей способности дейтрона T_{20}. Получение предсказаний по спектрам кумулятивных протонов и T_{20} для процесса pd→ppn в режиме дейтронного пучка нуклотрона с фиксированной протонной мишенью ($\sqrt{s_{NN}}\approx3$ ГэВ) и в режиме dd столкновений на первой фазе NICA SPD ($\sqrt{s_{NN}}\approx5$-6 ГэВ).

Развитие адронной модели ударной волны, основанной на принципе локального равновесия, в рамках неэкстенсивной статистики Цаллиса с вычислением адронных распределений по поперечному импульсу. Применение таких распределений по поперечному импульсу в рамках данной модели, а также модели с обычной статистикой Цаллиса для описания экспериментальных данных по адронам, образованным в протон-протонных столкновениях и столкновениях тяжелых ионов при энергиях LHC, RHIC и NICA.

Исследование QED поправок к лептонной аномалии g-2. Аналитические расчеты вкладов шестого и более высоких порядков, обусловленных пузырьковыми и смешанными типами лептонных петель в вакуумном поляризационном операторе в представлении Меллина-Барнса.

Исследование влияния ядерной среды на параметры амплитуды нуклон-нуклонного рассеяния на основе анализа сечений ядро-ядерных столкновений при энергиях до 100 МэВ/нуклон.

Исследование внемассовых электромагнитных формфакторы пиона в формализме Бете-Солпитера с сепарабельным ядром. Вычисление полувнемассовых формфакторов пиона F_1 и F_2, связанных друг с другом тождеством Уорда-Такахаши.

Развитие моделей и методов исследования нелинейных квантовых процессов при взаимодействии фотонов и заряженных частиц с интенсивными лазерными полями с учетом поляризации.

Сотрудничество по теме 1136

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Алжир	Сетиф	UFAS1	Хуамер С.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Балбекян А. + 1 чел.	Совместные работы
		РАУ	Казарян Э.М.	Совместные работы
			Саркисян А.А. + 1 чел.	Совместные работы
Беларусь	Гомель, HO	ГГТУ	Черниченко Ю.Д. + 1 чел.	Совместные работы
			Лашкевич В.И. + 2 чел.	Совместные работы
	Минск, MI	ИФ НАНБ	Левчук М.И. + 1 чел.	Совместные работы
Бельгия	Брюссель, BRU	ULB	Байе Д.	Совместные работы
			Спаренберг Ж.-М.	Совместные работы
	Лувен-ля-Нёв	UCL	Пиро Б.	Совместные работы
Болгария	София	INRNE BAS	Антонов А.А.	Совместные работы
			Гайдаров М.К.	Совместные работы
			Кадрев Д.	Совместные работы
			Минков Н.	Совместные работы
			Стоянов Ч. + 1 чел.	Совместные работы
		NBU	Мишев С.	Совместные работы
Бразилия	Нитерой, RJ	UFF	Любян Е.	Совместные работы
	Сан-Жозе-дус-Кампус, SP	ITA	Фредерико Т.	Совместные работы
	Сан-Паулу, SP	UEP	Томио Л.	Совместные работы
	Флорианополис, SC	UFSC	Соуза Круз Ф.	Совместные работы
Великобритания	Гилфорд, SRY	Ун-т	Диаз-Торрес А. + 1 чел.	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Зек Й.	Совместные работы
	Дебрецен	ATOMKI	Че Й.	Совместные работы
Германия	Берлин, BE	HZB	фон Эрцен В.	Совместные работы
	Билефельд, NRW	Ун-т	Бланшар Ф.	Совместные работы
	Бонн, NRW	UniBonn	Альбеверио С. + 1 чел.	Соглашение
	Гамбург, HH	UHH	Шмельхер П. + 1 чел.	Соглашение
	Гисен, HE	JLU	Ленске Х. + 1 чел.	Соглашение
			фон Смекал Л.	Соглашение
	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz	Ланганке К.-Х.	Соглашение
			Мартинес Пинедо Г.	Соглашение
			Першина В.	Совместные работы
			Хайнц С.	Соглашение
		TU Darmstadt	Нойман-Козел П.	Соглашение
			Пиетралла Н.	Соглашение
	Дрезден, SN	HZDR	Грайфенхаген Р.	Соглашение
		TU Dresden	Кэмпфер Б. + 1 чел.	Соглашение
	Зиген, NRW	Ун-т	Брандт С.	Соглашение
			Дамен Х.	Соглашение
			Штро Т.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Кёльн, NRW	Ун-т	Жоли Ж.	Совместные работы
	Лейпциг, SN	Ун-т	Бордаг М.	Соглашение
	Майнц, RP	JGU	Острик М.	Соглашение
			Тиатор Л.	Соглашение
			Томас А.	Соглашение
	Росток, MV	Ун-т	Байер М.	Соглашение
			Моравец К. + 1 чел.	Соглашение
	Франкфурт-на-Майне	GU	Братковская Е.	Соглашение
			Дернер Р.	Соглашение
			Шефлер М.	Соглашение
	Эрланген, BY	FAU	Райнхард П.-Г.	Соглашение
Греция	Афины	NCSR Demokritos	Бонатсос Д. + 2 чел.	Совместные работы
Египет	Гиза, GZ	CU	Абдулмагеад И.	Совместные работы
			Сейф Б.М.	Совместные работы
	Каир, C	FUE	Тавфик А.Н.	Совместные работы
Индия	Касарагод, KL	CUK	Лавеен П.В.	Совместные работы
			Прасад Е.	Совместные работы
			Шамлат А.	Совместные работы
			Шарееф М.	Совместные работы
	Нью-Дели, DL	IUAC	Мадхаван Н.	Совместные работы
	Чандигарх, CH	PU	Токур М.	Совместные работы
Иран	Зенджан	IASBS	Саедиан Ш.	Совместные работы
Испания	Пальма, IB	UIB	Пуенте А.	Совместные работы
			Пуйол-Надал Р.	Совместные работы
			Серра Л.	Совместные работы
Италия	Катания, CT	INFN LNS	Спиталери С.	Совместные работы
			Черубини С.	Совместные работы
	Мессина, ME	UniMe	Джиордина Дж. + 2 чел.	Совместные работы
	Неаполь, NA	INFN Naples	Гаргано А.	Совместные работы
	Турин, TO	UniTo	Де Паче А.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Красовицкий П.М.	Совместные работы
			Пеньков Ф.М.	Совместные работы
		КазНУ	Джансейтов Д.	Совместные работы
			Жаугашева С.А.	Совместные работы
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS	Ган Ц.	Совместные работы
			Даи Ф.Ц.	Совместные работы
			Цуо В.	Совместные работы
		LZU	Ниу Ю.	Совместные работы
	Пекин, BJ	CIAE	Вэн П.	Совместные работы
			Жиа Х.М.	Совместные работы
			Лин Ц.Ж.	Совместные работы
			Чжанг Х.К.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		ITP CAS	Шангуй Чжоу	Совместные работы
		PKU	Жи Менг + 1 чел.	Совместные работы
	Шанхай, SH	SHNU	Чен Й.	Совместные работы
			Чен К.Б.	Совместные работы
			Ченг Й.Й.	Совместные работы
		SHU	Йи-Юань Ченг	Совместные работы
Литва	Каунас	VMU	Девейкис А.	Совместные работы
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM	Хесс П.О.	Совместные работы
Норвегия	Берген	UiB	Ваагеп Я.	Совместные работы
	Осло	UiO	Бергхольт А.	Обмен визитами
			Рекстад Дж.	Обмен визитами
Польша	Варшава, MZ	UW	Идзиашек З.	Совместные работы
	Краков, MA	IFJ PAN	Адамчак А.	Совместные работы
			Беднарчик П.	Совместные работы
	Люблин, LU	UMCS	Гоздз А.	Совместные работы
	Отвоцк-Сверк, MZ	NCBJ	Коваль М. + 2 чел.	Совместные работы
Республика Корея	Сеул	SNU	О И.С.	Совместные работы
		Yonsei Univ.	Хонг Дж.	Совместные работы
	Тэджон	IBS	Ким К.	Совместные работы
			Ким Я.	Совместные работы
	Чонджу	JBNU	Ли Х.-Ж.	Совместные работы
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ	Гой А.А. + 3 чел.	Совместные работы
			Гой В.А.	Совместные работы
			Молочков А.В.	Совместные работы
			Резник Б.Л. + 3 чел.	Совместные работы
			Суськов С.Е.	Совместные работы
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Исаков В.И.	Обмен визитами
	Долгопрудный	МФТИ	Митин А.В.	Совместные работы
	Москва, MOW	МГУ	Шкаликов А.А.	Совместные работы
		МИФИ	Пятков Ю.В.	Совместные работы
			Федотов А.М.	Обмен визитами
		НИИЯФ МГУ	Тетерева Т.В.	Совместные работы
			Гончаров С.А.	Совместные работы
			Третьякова Т.Ю.	Совместные работы
			Чувильский Ю.М.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Борзов И.Н.	Обмен визитами
			Камерджиев С.П. + 2 чел.	Обмен визитами
			Толоконников С.	Совместные работы
		РУДН	Диваков Д.А.	Совместные работы
			Малых М.Д.	Совместные работы
			Малышев К.Ю.	Совместные работы
			Севастьянов Л.А.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Омск, OMS	ОмГУ	Косенко Г.И. + 2 чел.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	ВНИИМ	Карпешин Ф.Ф.	Совместные работы
		СПбГУ	Яковлев С.Л. + 2 чел.	Совместные работы
	Саратов, SAR	СГУ	Смолянский С.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Томск, TOM	ТПУ	Лидер А.М.	Соглашение
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Ваградов Г.М.	Обмен визитами
	Хабаровск, KHA	ТОГУ	Мазур А.И.	Совместные работы
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH	Делион Д.	Совместные работы
			Исар А.	Совместные работы
		UB	Немнес Г.А.	Совместные работы
	Клуж-Напока, CJ	UBB	Пашка Х. + 2 чел.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	IPB	Грозданов Т.	Совместные работы
			Симонович Н.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	CU	Ружичка Я.	Совместные работы
		IP SAS	Бетак Е.	Совместные работы
США	Нотр-Дам, IN	ND	Апрахамян А.	Совместные работы
			Гарг У.	Совместные работы
	Юниверсити-Парк, PA	Penn State	Стрикман М.И.	Совместные работы
Узбекистан	Наманган, NG	НамИТИ	Усманов П.Н. + 2 чел.	Совместные работы
	Самарканд, SA	СамГУ	Лакаев С.Н.	Совместные работы
	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз	Алпомешев Е.Х.	Совместные работы
			Ганиев О.К.	Совместные работы
			Каюмов В.М.	Совместные работы
			Муминов А.И.	Совместные работы
			Юлдашева Г.А.	Совместные работы
		НИИПФ НУУз	Муминов Т.М.	Совместные работы
		Физика-Солнце	Ишмуратов А.Н.	Совместные работы
Франция	Кан, PAC	GANIL	Плошайчак М.	Соглашение
	Орсе, IDF	IJCLab	Лакруа Д.	Соглашение
			Верне Д.	Соглашение
Чехия	Прага, PR	CU	Квасил Я. + 1 чел.	Совместные работы
Швеция	Гётеборг, O	Chalmers	Жуков М.В.	Совместные работы
	Лунд, M	LU	Оберг С.	Совместные работы
ЮАР	Йоханнесбург, GT	WITS	Дональдсон Л.	Соглашение
			Усман И.	Соглашение
	Претория, GT	UP	Гопане М.	Совместные работы
			Малхербе Дж.	Совместные работы
			Терон К.	Совместные работы
			Тшипи Т.	Совместные работы
	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Смит Ф.Д.	Соглашение
	Стелленбос, WC	SU	Хайс В.Д.	Соглашение
Япония	Кобе	Kobe Univ.	Мории Т.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Мориока	Iwate Univ.	Нишизаки С.	Совместные работы
	Осака	RCNP	Ейджири Х.	Совместные работы
			Мицуи Х.	Совместные работы
			Токи Х. + 1 чел.	Совместные работы
		UOsaka	Такабе Н.	Совместные работы
	Сендай	IMRAM	Такахаши М.	Совместные работы
			Ямазаки М.	Совместные работы

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, Канада, Китай, Монголия, Польша, Россия, Румыния, Сербия, Словакия, США, Финляндия, Франция, 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
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	
1.	**Сложные материалы**	**Аницаш Е.М.**
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.

ЛЯР Мирзаев М.

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 магнитного спектра пироксена $CoGeO_3$.

Исследование структуры возбуждений в новом материале из класса спиновых лестниц.

Анализ зависимости корреляционных свойств систем плотной упаковки со степенным распределением размеров частиц от протокола упаковки: изучение пространственных корреляций между частицами заданных размеров и характеристических параметров этих корреляций.

Исследование динамических переходов во внутреннем бозонном эффекте Джозефсона.

Разработка подхода к суммированию вириальных разложений с помощью автомодельных фактор-аппроксимаций.

Исследование методов управления динамикой в вероятностных комплексных сетях.

Получение потенциалов взаимодействия системы титан-водород для использования в расчетах молекулярной динамики.

Численное исследование модельных двумерных систем, а также соединений на базе кремния и азота с помощью первопринципных расчётов.

Исследование двумерных экситонов в магнитном поле.

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

Вычисление динамики квантовой запутанности с использованием тензорных сетей в низкоразмерных спиновых моделях с дальнодействующим взаимодействием.

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

ЛТФ Иноземцев В.И., 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:
Построение систем функций марковской двойственности и их применение к вычислению корреляционных функций в стохастической восьмивершинной модели.

Вычисление корреляционных функций в диффузионно ограниченных системах частиц с аннигиляцией и коагуляцией на кольце.

Изучение квантовой запутанности состояний в магнитных свойствах кластеров, содержащих Cu, Ni и Co со спинами 1/2, 1 и 3/2 соответственно.

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

Объяснение каскадов перколяционных переходов в моделях типа клеточных автоматов с помощью анализа нулей Ли-Янга обобщенных статсумм стационарных (неравновесных) состояний и спектра трансфер-матриц. Развитие применения нейронных сетей (ИИ) для анализа таких переходов.

Исследование предельных переходов в многочастичной гиперболической модели Руджинарса в двух сингулярных режимах, приводящих к различным комплексным моделям типа Калоджеро-Сазерленда.

Построение R-матриц, связанных с серией 4n-мерных (n=1,2,…) представлений квантовой супергруппы U_q gl(2|1) и изучение связанных с ними инвариантов узлов, предположительно являющихся цветными версиями инварианта Гулда-Линкса.

Исследование свойств умножения в характеристических подалгебрах квантовых матричных алгебр, связанных с R-матричными представлениями алгебр Бирмана-Мураками-Венцля, в частности, построение аналога правила Пиери для этих алгебр.

3. Наноструктуры и наноматериалы **Осипов В.А.**
Катков В.Л.

ЛТФ Абдельгани М., Ангел Д., 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., 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:
Исследование температурной зависимости запрещенной зоны и подвижности электронов в различных двумерных кристаллах, обусловленное взаимодействием с фононами.

Анализ топологических свойств муаровых материалов, являющихся следствием сильно-коррелированных электронных состояний.

Исследование магнитной фазовой диаграммы в гексагональной решетке с учетом квантовых поправок.

Исследование поведения электропроводности в полевом транзисторе на основе поликристаллического графена. Выявление роли контактного сопротивления.

Исследование необычных сверхпроводящих состояний, возникающих в альтермагнитах.

Анализ «оптических мод» в одномерном джозефсоновском метаматериале, состоящем из джозефсоновских переходов с двумя типами ёмкостей.

Исследование возможности использования массива наномагнитов для наблюдения квантового фазового перехода.

Демонстрация возможности управления динамическими состояниями намагниченности в сверхпроводящих гибридных структурах с магнетиком при наличии внешнего электромагнитного излучения.

Проведение первопринципных расчетов формирования, миграции и кластеризации вакансий в кристалле кремния под действием ионизирующего излучения. Расчет адсорбции водорода образующимися микрополостями в кремнии.

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.**

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 теоретико-полевой модели стохастической магнитной гидродинамики с нарушенной зеркальной симметрией: изучение «кросс» составных операторов поля скорости и магнитного поля, необходимых для вычисления параметров а-эффекта, ответственного за возникновение электродвижущей силы.

Вычисление корреляторов и критических индексов в модели пассивного скалярного поля, переносимого развитыми турбулентными потоками в рамках ансамбля Крейчнана, с помощью уравнений непертурбативной ренормгруппы.

Исследование направленной перколяции в присутствии гидродинамических флуктуаций: Двухпетлевые расчеты управляющих параметров и критических индексов.

Расчеты в А-модели критической динамики с взаимодействием φ^3 в 3-петлевом приближении.

Исследование задачи о случайных блужданиях частиц на случайно-неоднородной ("шероховатой") поверхности под действием силы тяжести: вычисление показателей в законах расплывания пятна блуждающих частиц.

Исследование модели случайных блужданий (диффузии) в случайно-неоднородной (флуктуирующей) среде: изучение влияния времени корреляции и сжимаемости среды, вычисление показателей в законах суб- и супердиффузии.

Исследование моделей роста поверхности в подвижной случайной среде (например, в турбулентной жидкости): изучение обратного влияния нелинейности роста на движение среды.

Исследование анизотропии скейлинговых решений в модели Хуа-Кардара случайного роста поверхности под влиянием анизотропного переноса вещества изотропным движением внешней среды.

Исследование влияния диполь-дипольного взаимодействия на критическое поведение магнетиков Изинговского типа методом функциональной ренормгруппы.

Вычисление асимптотики высоких порядков разложения и пересуммирование многопетлевых результатов вычисления скейлинговых показателей в ИК эффективной теории квантовой гравитации.

Сотрудничество по теме 1137

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Австралия	Канберра, ACT	ANU	Мангазеев В.	Обмен визитами
	Сидней, NSW	USYD	Молев А.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Мамасахлисов Е.Ш.	Совместные работы
			Морозов В.Ф.	Совместные работы
		ННЛА	Ананикян Н.С.	Совместные работы
			Апресян Е.	Совместные работы
Беларусь	Минск, MI	ИМ НАНБ	Малютин В.Б.	Совместные работы
			Малютин В.Б.	Обмен визитами
		ИФ НАНБ	Килин С.Я. + 5 чел.	Обмен визитами

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Килин С.Я. + 5 чел.	Совместные работы
		НПЦ НАНБ	Сайко А.П. + 5 чел.	Совместные работы
			Сайко А.П. + 5 чел.	Обмен визитами
Болгария	София	IMech BAS	Бънзарова Н.	Совместные работы
			Пешева Н.	Совместные работы
		ISSP BAS	Шамати Х. + 3 чел.	Совместные работы
Бразилия	Натал, RN	IIP UFRN	Ферраз А.	Совместные работы
	Сан-Паулу, SP	USP	Банято В.С.	Совместные работы
Великобритания	Ковентри, WMD	Warwick	Заборонский О.В.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой, HN	IOP VAST	Као Т.В.	Совместные работы
			Нгуен Х.К.	Совместные работы
			Тран М.Т.	Совместные работы
	Хошимин, SG	VLU	Нгуен-Труонг Т.Х.	Совместные работы
Германия	Лейпциг, SN	Ун-т	Бордаг М.	Совместные работы
Египет	Гиза, GZ	CU	Ел Шербини Т.М.	Совместные работы
Индия	Калькутта, WB	IACS	Сенгупта К.	Совместные работы
Иран	Зенджан	IASBS	Колахчи М.	Совместные работы
Канада	Монреаль, QC	UdeM	Луценко И.М.	Совместные работы
	Шербрук, QC	UdeS	Бурбонне К.	Совместные работы
Китай	Пекин, BJ	Tsinghua	Белоусов Н.М.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Сангаа Д.	Обмен визитами
Польша	Вроцлав, DS	WUST	Миржеевски М.	Совместные работы
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ	Овчинников П.А.	Совместные работы
			Пархоменко Д.А.	Совместные работы
			Солдатов К.С.	Совместные работы
	Москва, MOW	ВШЭ	Хорошкин С.М.	Обмен визитами
			Гриценко В.А.	Обмен визитами
		МГУ	Васильев А.Н.	Совместные работы
		РУДН	Кулябов Д.С. + 2 чел.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	ИНХ СО РАН	Окотруб А.В. + 3 чел.	Совместные работы
		ИФП СО РАН	Антонова И.В. + 2 чел.	Обмен визитами
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Разумов А.В.	Обмен визитами
			Сапонов П.А.	Обмен визитами
	Санкт-Петербург	ПОМИ РАН	Деркачев С.Э.	Совместные работы
		СПбГУ	Какинь П. + 2 чел.	Совместные работы
	Саратов, SAR	СГУ	Колесникова А.С.	Совместные работы
	Томск, TOM	ТПУ	Лаптев Р.С.	Совместные работы
Румыния	Бухарест, B	UB	Немнес Г.А.	Совместные работы
	Тимишоара, TM	UVT	Бика И.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	VINCA	Текич Д.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	CU	Плеценик А.	Совместные работы
	Кошице, KI	IEP SAS	Пудлак М. + 1 чел.	Обмен визитами

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		UPJS	Лучивянски Т. + 3 чел.	Совместные работы
США	Пасадена, CA	Caltech	Райнс Э.М.	Совместные работы
Финляндия	Хельсинки	UH	Хонконен Ю. + 2 чел.	Совместные работы
Франция	Марсель, PAC	CPT	Огиевецкий О.	Совместные работы
ЮАР	Претория, GT	UNISA	Бота А.Е.	Совместные работы
Япония	Уцуномия	UU	Ирие А.	Совместные работы

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, 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
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	
1.	**Интегрируемые системы и симметрии**	**Исаев А.П.** **Кривонос С.О.** **Тюрин Н.А.**

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:
Изучение интегрируемых моделей на дважды деформированных фоновых геометриях типа трёхмерного деформированного АдС-а (AdS3), умноженного на компактные деформированные многообразия Эйнштейна, и получение струнных решений из класса пульсирующих струн, а также класса спайков и магнонов. Получение дисперсионных соотношений между сохраняющимися зарядами с помощью квазиклассического квантования. Изучение информационного содержания таких теорий и их сложности (complexity).

Построение суперконформных механик с N=3 и N=6 расширенной суперсимметрией, содержащих взаимодействия с бозонными токами, образующими алгебры Ли so(3), su(3), so(6).

Построение действий N=(1,0) супергравитации в шестимерном пространстве-времени путем модификации действия тензорного мультиплета, построеннного в предыдущих работах.

Вычисление цветовых факторов в бесконечных сериях диаграмм Фейнмана, возникающих в неабелевых калибровочных теориях со спинорными калибровочными группами, на основе свойств расщепленного оператора Казимира.

Поиск универсальных выражений для 6-j символов, возникающих из условия ассоциативности тензорного произведения трех присоединенных представлений простых алгебр Ли.

Построение представлений с непрерывным спином в пространстве AdS_d, где размерность d>=4. Исследование унитарности данных представлений и связи с классификацией в рамках формализма светового конуса.

Построение и исследование термальных потоков в 3-мерной калибровочной супергравитации с таргет-пространством сигма-модели S^2, связанных с нерелевантными деформациями, в контексте голографической дуальности.

Построение полевой реализации представления непрерывного (бесконечного) спина для группы симметрий пространства анти де Ситтера произвольной размерности.

Построение новых примеров лагранжевых подмногообразий в грассманиане Gr(r, n)

2. Суперсимметрия, высшие спины, гравитация — **Иванов Е.А.**, **Федорук С.А.**

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 суперсимметричных 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 разностных уравнений для матрицы слияния в секторе Неве-Шварца N=1 суперконформной теории Лиувилля.

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 всех лидирующих и подлидирующих по параметру размерной регуляризации двухпетлевых контрчленов в 6D, N=(1,1) суперсимметричных калибровочных теориях.

Вычисление трехпетлевых on-shell расходимостей эффективного действия в 6D, N=(1,1) суперсимметричной теории Янга-Миллса в подходе гармонического суперпространства.

Вычисление однопетлевых расходимостей в 6D, N=(1,0) суперкалибровочной теории с учетом неминимальной связи гиперемультиплета и векторного мультиплета.

Квантование и вычисление эффективного действия в теории полностью антисимметричного тензорного фермионного поля в пространстве анти-де Ситтера.

Построение БФВ-БРСТ конструкции для частично-безмассовых полей высших спинов в пространстве де Ситтера.

Построение однопетлевого индуцированного эффективного действия в теории гипермультиплета, взаимодействующего с N=2 супергравитацией в подходе гармонического суперпространства.

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.

Классификация 8-мерных дублей Дринфельда и соответствующих семейств дуальных решений уравнений 10-мерной супергравитации. Построение класса три-векторных деформаций, аналогичных почти-абелевым би-векторным янг-бакстеровым деформациям.

Развитие формализма генерации полных экстремальных бранных решений из их окологоризонтного предела абелевыми три-векторными деформации. Установление и анализ связи таких преобразований с нерелятивистской 11-мерной теорией ньютон-картановой супергравитации. Анализ необходимых и достаточных условий генерации решений 10- и 11-мерной супергравитации поли-векторными деформациями.

Построение матричной суперсимметричной механики с использованием неразложимого N=8 супермультиплета, который объединяет нелинейным образом мультиплет (1,8,7) и два мультиплета (8,8,0). Калибрование построенной суперполевой матричной модели.

Построение суперсимметричных расширений интегрируемых моделей Калоджеро с тригониметрическими и эллиптическими потенциалами. Анализ интегрируемости этих систем на основе построения соответствующих им пары Лакса.

Изучение квазиклассического предела разностных уравнений для парафермионных гиперболических гамма-функций. Исследование волновых функций возникающей в этом пределе парафермионной квантовой механики, в частности, суперсимметричной модели Калоджеро-Сазерленда.

Построение и исследование неабелевых обобщений системы МИКЗ-Кеплер.

Построение и исследование квантовой задачи Ландау на поверхностях вращения второго порядка.

Исследование систем с лагранжианами, зависящими от внешних кривизн, и их приложений.

Построение и исследование новых решений обобщенной теории гравитации со скалярными полями материи, описывающими заряженные и стационарно вращающиеся черные дыры.

Исследование гравитирующих вортонных и хопфионных полевых конфигураций в присутствии горизонта событий.

3. Квантовая гравитация, космология и струны — **Пироженко И.Г., Фурсаев Д.В.**

ЛТФ Афзал А., Давыдов Е.А., Латош Б.Н., Пестов А.Б., Сорин А.С., Тайнов В.А., Третьяков П.В.

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 свойств гравитационных волн в теориях модифицированной гравитации типа Эйнштейна-Гауса-Боне.

Исследование возмущений классических электромагнитных полей, вызванных воздействием ударных гравитационных волн общего вида: анализ вторичных ударных электромагнитных волн.

Формулировка задачи Коши для возмущений гравитационного поля, вызванных ударными гравитационными волнами, с заданием начальных данных на фронте ударной волны, поиск явных асимптотик гравитационных возмущений для случая полей, созданных точечными гравитирующими источниками.

Определение ударных гравитационных волн, распространяющихся на гравитационном фоне общего вида, определение канонических переменных на фронте ударной волны, определение изменения канонических импульсов под действием супертрансляций, исследование механизма спонтанного нарушения координатной инвариантности на фронте ударной волны.

Изучение инфляционных сценариев, следующих из однопетлевого эффективного действия для различных скалярно-тензорных моделей гравитации. Оценки наблюдаемых характеристик, таких как наклон спектра скалярных возмущений и отношение амплитуд тензорных и скалярных возмущений.

Развитие вычислительного пакета FeynGrav, добавление в него правил Фейнмана, построенных при помощи БРСТ формализма, для улучшения его производительности.

Сотрудничество по теме 1138

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Австралия	Перт, WA	UWA	Бухбиндер Е.	Обмен визитами
			Кузенко С. + 2 чел.	Обмен визитами
	Сидней, NSW	USYD	Молев А. + 1 чел.	Совместные работы
Армения	Аштарак, AG	ИРЭ НАН РА	Геворкян Ж.	Совместные работы
			Давтян М.	Совместные работы
			Захарян Т.	Обмен визитами
		ИФИ НАН РА	Ишханян А.	Обмен визитами
	Ереван, ER	ЕГУ	Акопян Т.	Обмен визитами
		ННЛА	Аветисян А.	Обмен визитами
			Демирчян О.	Обмен визитами
			Хакобян Т.	Обмен визитами
			Агбарян В.	Совместные работы
			Егикян В.	Совместные работы
			Манвелян Р.	Обмен визитами
			Мкртчян Р.	Обмен визитами
			Хастян Э.	Обмен визитами
			Шмавонян О.	Совместные работы
Болгария	София	INRNE BAS	Добрев В.	Обмен визитами
			Илиев Б.	Обмен визитами
			Попов Т.	Совместные работы
			Тодоров И.Т. + 2 чел.	Обмен визитами
		SU	Иванов Ц.	Совместные работы
			Рашков Р.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Бразилия	Жуис-ди-Фора, MG	UFJF	Дериглазов А.	Совместные работы
			Шапиро И.Л.	Совместные работы
	Сан-Паулу, SP	USP	Ферейра Л.	Совместные работы
	Санту-Андре, SP	UFABC	Василевич Д.В.	Обмен визитами
Великобритания	Глазго, GLG	U of G	Фейгин М.В.	Совместные работы
	Дарем, DUR	Ун-т	Дорей П.	Обмен визитами
			Сатклифф П.	Совместные работы
	Кембридж, CAM	Ун-т	Осборн Х.	Обмен визитами
	Кентербери, KEN	UKC	Крач С.	Совместные работы
	Лондон, LND	IMPERIAL	Стелл К. + 2 чел.	Обмен визитами
			Цейтлин А.	Обмен визитами
Германия	Бонн, NRW	UniBonn	Русецкий А.	Обмен визитами
	Ганновер, NI	LUH	Драгон Н. + 2 чел.	Соглашение
			Лехтенфельд О. + 2 чел.	Совместные работы
	Лейпциг, SN	Ун-т	Бордаг М.	Соглашение
	Мюнхен, BY	LMU	Муханов В.	Совместные работы
	Ольденбург, NI	IPO	Азад Б.	Совместные работы
			Кунц Ю.	Совместные работы
	Потсдам, BB	AEI	Николаи Х.	Обмен визитами
			Тейзен С.	Обмен визитами
Греция	Афины	NKUA	Зупанос Дж. + 1 чел.	Совместные работы
Египет	Эль-Шорук, C	BUE	Нашед Гамал	Совместные работы
Израиль	Иерусалим, JM	HUJI	Рабиновичи Е.	Обмен визитами
	Тель-Авив, TA	TAU	Маломед Б.	Совместные работы
Иран	Исфахан	UI	Лоран Ф.	Совместные работы
	Тегеран	FU	Жафари Г.	Совместные работы
		IPM	Сабеджан С.	Соглашение
			Шейх-Джаббари М.М.	Соглашение
Ирландия	Дублин, L	DIAS	Чракян Д.	Совместные работы
Испания	Барселона, CT	IEEC-CSIC	Одинцов С.Д.	Обмен визитами
	Бильбао, PV	UPV/EHU	Бандос И.	Совместные работы
	Валенсия, V	IFIC-CSIC	Де Азкаррага Х.А.	Обмен визитами
	Вальядолид, CL	UVa	Кастаньеда Х.М.М.	Обмен визитами
	Сантьяго-де-Комп., GA	USC	Адам К.	Совместные работы
Италия	Падуя, PD	UniPd	Бассетто А.	Соглашение
			Сорокин Д.	Соглашение
	Триест, TS	SISSA	Бонора Л. + 1 чел.	Соглашение
	Турин, TO	UniTo	Фре П. + 2 чел.	Совместные работы
	Фраскати, RM	INFN LNF	Беллуччи С. + 2 чел.	Соглашение
Казахстан	Алма-Ата, ALA	КазНУ	Джунушалиев В.	Совместные работы
Китай	Гуанчжоу, GD	SYSU	Гуо Х.	Совместные работы
	Наньчан, JX	NCU	Хуанг Х.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Пекин, BJ	UCAS	Лиу Х.	Совместные работы
	Хэнъян, HN	USC	Гуднассон С.	Обмен визитами
	Шанхай, SH	SHU	Коробков М.	Обмен визитами
Кыргызстан	Бишкек, GB	БГУ	Фоломеев В.	Совместные работы
Польша	Белосток, PD	UwB	Одзиевич А.	Обмен визитами
	Вроцлав, DS	UWr	Боровец А.	Соглашение
			Лукерски И.	Обмен визитами
			Попович З.	Обмен визитами
			Фридришак А.	Обмен визитами
	Краков, MA	JU	Вережинский А.	Обмен визитами
			Романчукевич Т.	Обмен визитами
Португалия	Авейру	UA	Раду Ю.	Обмен визитами
			Эрдейру С + 1 чел.	Совместные работы
Республика Корея	Тэджон	IBS	Петров П.К.	Совместные работы
Россия	Воронеж, VOR	ВГУ	Минаков А.	Обмен визитами
	Долгопрудный	МФТИ	Бондал А.	Совместные работы
			Мусаев Э.	Совместные работы
	Казань, TA	КФУ	Попов А.А.	Обмен визитами
			Сушков С.В.	Обмен визитами
	Москва, MOW	ВШЭ	Пушкарь П.	Обмен визитами
		ГАИШ МГУ	Топоренский А.В.	Обмен визитами
		ИПМех РАН	Доброхотов С.	Обмен визитами
		ИТЭФ	Миронов А.	Обмен визитами
			Морозов А.Ю. + 4 чел.	Обмен визитами
			Ольшанецкий М.А.	Обмен визитами
			Рослый А.	Обмен визитами
		МГУ	Гальцов Д. + 2 чел.	Обмен визитами
			Свешников К.А. + 2 чел.	Совместные работы
			Степаньянц А.	Обмен визитами
			Талалаев Д.В.	Совместные работы
			Шафаревич А.	Совместные работы
		МИАН	Арефьева И.Я. + 2 чел.	Обмен визитами
			Волович И.В.	Совместные работы
			Катанаев М.	Совместные работы
			Орлов Д.	Совместные работы
			Славнов Н.А.	Совместные работы
		Сколтех	Казарян М.	Обмен визитами
		ФИАН	Барвинский А. + 1 чел.	Обмен визитами
			Васильев М.	Обмен визитами
			Мецаев Р.	Обмен визитами
	Новосибирск, NVS	НГУ	Миронов А.	Обмен визитами
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Зиновьев Ю.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Санкт-Петербург	ПОМИ РАН	Деркачев С.Э. + 2 чел.	Совместные работы
	Томск, TOM	ТГПУ	Крыхтин В.	Совместные работы
			Лавров П.	Совместные работы
			Мерзликин Б.	Совместные работы
			Снегирев Т.	Совместные работы
		ТПУ	Галажинский А.В. + 3 чел.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Галушкина Ю.	Совместные работы
			Ким Э.	Совместные работы
			Нугаев Э.	Совместные работы
	Черноголовка	ИТФ РАН	Белавин А.	Обмен визитами
			Соколов В.В.	Обмен визитами
			Старобинский А.А.	Обмен визитами
Сербия	Белград, BG	MI SANU	Драгович Б.	Обмен визитами
			Станкович Е.	Обмен визитами
		UB	Димитриевич И.	Совместные работы
			Ракич З.	Совместные работы
	Ниш, NI	Ун-т	Джорджевич Г.	Совместные работы
			Димитриевич Д.	Совместные работы
США	Колледж-Парк	UMD	Гэйтс Дж.	Обмен визитами
			Коутроликос К.	Обмен визитами
	Корал Габлс, FL	UM	Мезинческу Л. + 2 чел.	Совместные работы
	Нью-Йорк, NY	CUNY	Акулов В.	Обмен визитами
			Катто С.	Обмен визитами
			Корепин В.	Обмен визитами
		SUNY	Замолодчиков А.Б.	Обмен визитами
			Шуряк Е.	Обмен визитами
	Филадельфия, PA	Penn	Оврут Б.	Совместные работы
Франция	Лион, ARA	LPENSL	Дельдук Ф.	Совместные работы
	Марсель, PAC	CPT	Кокоро Р.	Совместные работы
			Огиевецкий О.В.	Совместные работы
	Нант, PDL	Subatech	Смилга А.	Соглашение
	Париж, IDF	ENS	Поликастро Дж.	Совместные работы
		LUTH	Гургуйон Э.	Совместные работы
	Тур, CVL	UT	Волков М.	Совместные работы
			Гарад Ж.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Альварец-Гоме Л. + 2 чел.	Соглашение
			Антониадис И. + 1 чел.	Соглашение
			Феррара С. + 2 чел.	Соглашение
Чехия	Прага, PR	CTU	Бурдик Ч. + 3 чел.	Обмен визитами
Япония	Окинава	OIST	Цулая М.	Обмен визитами
	Токио	Keio Univ.	Нитта М. + 1 чел.	Совместные работы
		TUS	Савадо Н.	Обмен визитами

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		UTokyo	Юки А.	Обмен визитами

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.

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.**	02-1-1066-1-2010/2026
		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 возбужденной 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.

Исследование фемтоскопических корреляций, структуры событий и скейлинговых свойств ядерных взаимодействий, глобальной поляризации, 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).

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.

Набор статистики в экспериментах с ядрами золота и протон-ядерными столкновениями с энергией 200 ГэВ и максимальной светимости коллайдера в центральной области ($-1{,}5 < \eta < 1{,}5$) и в области малых углов ($2{,}5 < \eta < 4{,}2$).

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 фемтоскопические корреляции тождественных заряженных пионов 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.

Проработка предложений по созданию детекторов для изучения поляризационных явлений на коллайдерах, в том числе и на коллайдере NICA.

Расчет кинематических параметров экспериментов по исследованию структуры ядра и спиновой структуры протона в e-p и e-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.**	2024-2026 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., 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 в интервале энергий от 3 до 7,7 ГэВ. Изучение фактора ядерной модификации в столкновениях ядер золота при энергиях 14,6, 19,6 и 27 ГэВ.

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.

2024-2026

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.

2024-2026

Реализация

ЛФВЭ Агакишиев Г.Н., Апарин А.А., Дедович Т.Г., Кекечян А.О., Коробицин А.А., Лыонг Б.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:
Исследование фрактальной структуры событий в зависимости от поперечного импульса. Исследование проявлений ядерных эффектов при фрактальном анализе Монте-Карло AuAu событий при энергии столкновения 200 ГэВ и различной центральности с использованием многофазного транспортного генератора. Ядерные эффекты, такие как взаимодействие в конечном состоянии, ядерное экранирование, образование мини-струй с высоким поперечным импульсом и пар кварк-антикварк, могут существенно влиять на форму p_T-спектров фрактальных и нефрактальных событий.

Определение фемтоскопических параметров для пар тождественных частиц на данных моды с фиксированной мишенью при энергии 3–6.5 ГэВ.

Исследование влияния остаточных зарядов и изоспина сталкивающихся ядер на фемтоскопические корреляции тождественных заряженных пионов в области высокой барионной плотности.

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.

4. Модернизация установки STAR для измерений в области быстрот 2,5 < η < 4,2. Набор статистики по столкновениям ядер золота при энергии 200 ГэВ и максимальной светимости коллайдера RHIC

Панебратцев Ю.А.

2024-2026

Набор данных
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., Мицин В.В.

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)

2024-2026

Реализация

ЛФВЭ Агакишиев Г.Н., Апарин А.А., Коробицин А.А., Семчуков П.Д.

ЛИТ Балашов Н.А., Мицын В.В., 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.

2024-2026

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 к переизданию учебного пособия "Ядерная физика" для профильной школы (10-11 классы).

7. Проработка предложений по созданию детекторов для изучения поляризационных явлений на коллайдерах

Дунин В.Б.

2024-2026

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.

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.

2024-2026

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.

ЛЯП Жемчугов 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-A и e-A и поиск оптимальных наблюдаемых. Расчет требуемых параметров светимости ускорителя и частоты взаимодействия для проведения экспериментов с указанной постановкой.

Сотрудничество по теме 1066

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	ИРП	Шахалиев Э.И.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	ННЛА	Тумасян Армен	Совместные работы
Болгария	София	INRNE BAS	Бънзаров И.Ж. + 1 чел.	Совместные работы
			Ванков И.	Совместные работы
		SU	Гурев В.	Совместные работы
			Райновский Г.	Совместные работы
Вьетнам	Далат, LD	DNRI	Лыонг Ба Винь	Совместные работы
Египет	Гиза, GZ	NILES CU	Тавфик Абдель	Соглашение
	Каир, C	AUC	Хаммед Ахмед + 3 чел.	Соглашение
Индия	Джамму, JK	JU	Башин Анжу	Совместные работы
	Тирупати, AP	IISER	Джена Читрасен	Совместные работы
	Чандигарх, CH	PU	Кумар Локеш	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Исадыков А.	Совместные работы
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS	Сабхаш Сингх	Совместные работы
	Ухань, HB	CCNU	Хаофенг Луо	Совместные работы
Куба	Гавана	InSTEC	Гузман Ф.	Совместные работы
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM	Аяла Алехандро	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	MNUE	Жанчив Ш.	Совместные работы
Россия	Долгопрудный	МФТИ	Рогачев А.В.	Совместные работы
	Москва, MOW	ИТЭФ	Ставинский В.В.	Совместные работы
		МИФИ	Нигматкулов Г.А.	Совместные работы
			Стриханов М.Н. + 3 чел.	Совместные работы
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Васильев А.Н. + 10 чел.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	СПбГУ	Феофилов Г.А.	Совместные работы
			Браун М.А. + 2 чел.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	VINCA	Милошевич Й. + 1 чел.	Совместные работы
			Наддерд Ласло	Совместные работы
	Нови-Сад, VO	UNS	Крмар М.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	IP SAS	Филип П.	Совместные работы
	Кошице, KI	UPJS	Вокал С. + 2 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
США	Аптон, NY	BNL	Архипкин Д.	Соглашение
			Жанг Бу Ну + 12 чел.	Соглашение
			Ли Жуан Руан	Совместные работы
	Беркли, CA	Berkeley Lab	Ну Шу	Совместные работы
	Блумингтон, IN	IU	Джакобс В. + 2 чел.	Совместные работы
	Лемонт, IL	ANL	Спинка Х.	Совместные работы
	Нью-Хейвен, CT	Yale Univ.	Кайнес Х.	Совместные работы
			Ульрих Т.	Совместные работы
	Стони-Брук, NY	SUNY	Лесли Р.	Совместные работы
	Чикаго, IL	UIC	Евдокимов О.	Совместные работы
	Юниверсити-Парк, PA	Penn State	Хеппельман С.	Совместные работы
Франция	Нант, PDL	Subatech	Эразмусс Б. + 2 чел.	Совместные работы

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., Москаленко В.Д., 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:
Изучение резонансного рождения пар J/psi-мезонов в протон-протонных столкновениях, анализ моделей тетракварковых состояний, состоящих из четырех очарованных кварков, описывающих эти процессы. Изучение экзотических тетракварковых и пентакварковых состояний со скрытым очарованием в распадах B-адронов на J/psi-мезон и несколько легких адронов. Поиск ассоциативного рождения бозона Хиггса Стандартной модели с одним топ-кварком, разработка новых методов анализа данных (нейронных сетей, деревьев решений и т.п.) для повышения его чувствительности к исследуемому процессу. Изучение спектров тяжелых прелестных мезонов, в частности, измерение свойств возбужденных состояний B_c-мезонов. Исследование вклада поперечного импульса глюонов в структурные функции протонов. Поиск возможных экспериментальных проявлений квантово-гравитационных взаимодействий, в частности, элементарных черных дыр, распадающихся на частицы Стандартной модели. Изучение процессов рождния бозона Хиггса в ассоциации с векторными Z- и W-бозонами. Участие в разработке системы индексирования событий по триггерам. Участие в разработке и поддержании программного обеспечения триггерной системы установки ATLAS. Моделирование отклика адронного калориметра установки ATLAS. Участие во второй фазе модернизации мюонного спектрометра и калориметрических систем детектора: разработка и создание прототипов камер RPC, создание оптоволоконных кабелей для тестового стенда LAr, создание прототипа оснастки для сборки HGTD.

Сотрудничество по теме 1081

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	ИФ	Гусейнов Н. + 5 чел.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	ННЛА	Акопян Г.	Совместные работы
Беларусь	Гомель, HO	ГГТУ	Бабич А.А. + 1 чел.	Совместные работы
			Серенкова И.А. + 2 чел.	Обмен визитами
			Серенкова И.А. + 2 чел.	Совместные работы
		ГГУ	Андреев В.В. + 1 чел.	Обмен визитами
			Андреев В.В. + 1 чел.	Совместные работы
			Максименко Н.В.	Обмен визитами
			Максименко Н.В.	Совместные работы
	Минск, MI	ИПФ НАНБ	Шуляковский Р.Г. + 2 чел.	Обмен визитами
			Шуляковский Р.Г. + 2 чел.	Совместные работы
		ИФ НАНБ	Кульчицкий Ю.А. + 2 чел.	Совместные работы
			Кульчицкий Ю.А. + 2 чел.	Обмен визитами
			Курочкин Ю.А. + 3 чел.	Совместные работы
			Курочкин Ю.А. + 3 чел.	Обмен визитами
		НИИ ЯП БГУ	Солин А.А.	Совместные работы
			Солин А.А.	Обмен визитами
			Солин А.В.	Совместные работы
			Солин А.В.	Обмен визитами
Болгария	София	SU	Чижов М.В.	Совместные работы
Германия	Цойтен, BB	PITZ DESY	Ломан В.	Совместные работы
			Шрайбер Й.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси, TB	HEPI-TSU	Джобава Т. + 3 чел.	Соглашение
Израиль	Реховот, M	WIS	Микенберг Г.	Совместные работы
Испания	Барселона, CT	IFAE	Кавалли-Сфорца М.	Совместные работы
Италия	Пиза, PI	INFN Pisa	Дель-Прете Т.	Совместные работы
Канада	Ванкувер, BC	TRIUMF	Курчанинов Л.Л.	Совместные работы
Нидерланды	Амстердам, NH	NIKHEF	Ван дер Грааф Х.	Совместные работы
Россия	Владикавказ, SE	СОГУ	Тваури И.В.	Совместные работы
	Москва, MOW	ИТЭФ	Цукерман И.Н.	Совместные работы
		МГУ	Смирнова Л.Н.	Совместные работы
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Денисов С.П.	Совместные работы
			Зайцев А.М.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	CU	Дубничкова А.З.	Совместные работы
			Токар С.	Совместные работы
		IP SAS	Дубничка С. + 3 чел.	Совместные работы
США	Лемонт, IL	ANL	Прайс Л.	Соглашение
Франция	Обьер, ARA	LPCA	Вазей Ф.	Совместные работы
	Орсе, IDF	IJCLab	Фурнье Д.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Винктер М.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус	
			Хоккер А.	Соглашение	

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, Беларусь, Бельгия, Болгария, Бразилия, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Грузия, Индия, Иран, Ирландия, Испания, Италия, Кипр, Китай, Мексика, Нидерланды, Новая Зеландия, Пакистан, Республика Корея, Россия, Сербия, США, Тайвань, Турция, Узбекистан, 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., Будковский Д.В., Гниненко С.Н., Горбунов И.Н., Жижин И.А., Зарубин А.В., Каменев А.Ю., Ланев А.В., Шалаев В.В., Шульга С.Г.		
ЛИТ	Аушев Т.А., Войтишин Н.Н., Кодолова О.Л., Корсаков Ю.В., Никитенко А.О., Ососков Г.А., Пальчик В.В., Сатышев И., Слижевский К.В., Толочко Е.Н.		
ЛТФ	Зыкунов В.А., Казаков Д.И., Козлов Г.А., 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., Мицын В.В., 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 мюонной станции ME1/1 и исследование характеристик CSC камер при работе в условиях высокой светимости LHC.

Создание аппаратно-программного комплекса для испытаний детекторов калориметра HGCal. Участие в проведении испытаний плоскостей с чувствительными элементами HGCal и сборке калориметра.

Сотрудничество по теме 1083

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Австрия	Вена, W	HEPHY	Вульц К.-Э. + 57 чел.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	ННЛА	Тумасян А. + 6 чел.	Совместные работы
Бельгия	Антверпен, VAN	UAntwerp	Ван Мехелен П. + 15 чел.	Совместные работы
	Брюссель, BRU	ULB	Ванлаер П. + 31 чел.	Совместные работы
		VUB	Д'Хондт Ю. + 11 чел.	Совместные работы
	Гент, VOV	UGENT	Титгат М. + 21 чел.	Совместные работы
	Лёвен, VBR	KU Leuven	Леро П. + 4 чел.	Совместные работы
	Лувен-ля-Нёв	UCL	Далаере К. + 26 чел.	Совместные работы
	Монс, WHT	UMONS	Доби Е.	Совместные работы
Болгария	София	INRNE BAS	Султанов Г. + 17 чел.	Совместные работы
		SU	Литов Л. + 13 чел.	Совместные работы
Бразилия	Рио-де-Жанейро	CBPF	Алвес Г. + 8 чел.	Совместные работы
		UERJ	Мундим Л. + 39 чел.	Совместные работы
	Сан-Паулу, SP	Unesp	Новаес С. + 23 чел.	Совместные работы
Великобритания	Бристоль, BST	Ун-т	Голдштейн Ж. + 24 чел.	Совместные работы
	Дидкот, OXF	RAL	Ш.-Земистоклиус К.+37 ч	Совместные работы
	Лондон, LND	IMPERIAL	Бухмюллер О. + 51 чел.	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Сиклер Ф. + 8 чел.	Совместные работы
	Дебрецен	ATOMKI	Молнар Ж. + 6 чел.	Совместные работы
		UD	Ужвари Б. + 2 чел.	Совместные работы
Германия	Ахен, NRW	RWTH	Стал А. + 14 чел.	Совместные работы
			Фелд Л. + 17 чел.	Совместные работы
			Хеббекер Т. + 53 чел.	Совместные работы
	Гамбург, HH	DESY Helmholtz	Галло Е. + 110 чел.	Совместные работы
		UHH	Шлепер П. + 76 чел.	Совместные работы
	Карлсруэ, BW	KIT Helmholtz	Мюллер Т. + 90 чел.	Совместные работы
Греция	Афины	NCSR Demokritos	Лукас Д. + 10 чел.	Совместные работы
		NKUA	Сфикас П. + 26 чел.	Совместные работы
		NTU	Циполитис Г. + 8 чел.	Совместные работы
	Янина	UoI	Фудас К. + 14 чел.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси, TB	GTU	Цамалаидзе З. + 11 чел.	Совместные работы
		HEPI-TSU	Цамалаидзе З. + 1 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Индия	Джатни, OD	NISER	Свеин С.К. + 24 чел.	Совместные работы
	Калькутта, WB	SINP	Саркар С. + 31 чел.	Совместные работы
	Мумбаи, MH	BARC	Пант Л.М. + 8 чел.	Совместные работы
		TIFR	Дугад С. + 14 чел.	Совместные работы
			Мазумдар К. + 19 чел.	Совместные работы
	Чандигарх, CH	PU	Бхатнагар В. + 19 чел.	Совместные работы
Иран	Тегеран	IPM	Мохаммади М. + 6 чел.	Совместные работы
Ирландия	Дублин, L	UCD	Грюнвальд М. + 1 чел.	Совместные работы
Испания	Мадрид, MD	CIEMAT	Алькарас Маестре Х.+49 ч	Совместные работы
		UAM	Де Трокониз Й. + 1 чел.	Совместные работы
	Овьедо, AS	UO	Кавас Х. + 12 чел.	Совместные работы
	Сантандер, CB	IFCA-CSIC	Мартинес Риверо К.+35 ч	Совместные работы
Италия	Бари, BA	INFN Bari	Пульезе Г. + 54 чел.	Совместные работы
	Болонья, BO	INFN Bologna	Фаббри Ф. + 44 чел.	Совместные работы
	Генуя, GE	INFN Genoa	Ферро Ф. + 10 чел.	Совместные работы
	Катания, CT	INFN LNS	Трикоми А. + 8 чел.	Совместные работы
	Милан, MI	INFN Milan	Геззи А. + 41 чел.	Совместные работы
	Неаполь, NA	INFN Naples	Фабоззи Ф. + 20 чел.	Совместные работы
	Павия, PV	INFN Pavia	Бражери А. + 19 чел.	Совместные работы
	Падуя, PD	INFN Padua	Россин Р. + 81 чел.	Совместные работы
	Перуджа, PG	INFN Perugia	Москателли Ф. + 37 чел.	Совместные работы
	Пиза, PI	INFN Pisa	Вентури А. + 58 чел.	Совместные работы
	Рим, RM	INFN Rome	Параматти Р. + 29 чел.	Совместные работы
	Триест, TS	INFN Trieste	Делла Рикка Д. + 7 чел.	Совместные работы
	Турин, TO	INFN Turin	Солано А. + 77 чел.	Совместные работы
	Флоренция, FI	INFN Florence	Паолетти С. + 31 чел.	Совместные работы
	Фраскати, RM	INFN LNF	Пикколо Д. + 8 чел.	Совместные работы
Кипр	Никосия	UCY	Разис П.А. + 13 чел.	Совместные работы
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS	Чен М. + 54 чел.	Совместные работы
		PKU	Мао Я. + 30 чел.	Совместные работы
		Tsinghua	Ху Ж. + 6 чел.	Совместные работы
	Ханчжоу, ZJ	ZJU	Хао М. + 9 чел.	Совместные работы
Мексика	Мехико, CDMX	Cinvestav	Кастилла Вальдез Х.+10 ч	Совместные работы
	Пуэбла, PUE	BUAP	Салазар Ибаргуен У.А.+8 ч	Совместные работы
Нидерланды	Эйндховен, NB	TU/e	Эртс А. + 2 чел.	Совместные работы
Новая Зеландия	Крайстчерч	UC	Батлер Ф. + 4 чел.	Совместные работы
	Окленд, AUK	UoA	Крофчек Д. + 2 чел.	Совместные работы
Пакистан	Исламабад, IS	QAU	Хурани Х.Р. + 26 чел.	Совместные работы
Республика Корея	Кванджу	CNU	Мун Д.Х. + 5 чел.	Совместные работы
	Сеул	KU	Чои С. + 18 чел.	Совместные работы
		SJU	Ким Х. + 4 чел.	Совместные работы
		SKKU	Чои Я. + 9 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		SNU	Янг У. + 23 чел.	Совместные работы
		Yonsei Univ.	Йо Х.Д. + 2 чел.	Совместные работы
	Тэджон	KIST	Рю Г. + 4 чел.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	VINCA	Аджич П. + 9 чел.	Совместные работы
США	Айова-Сити, IA	UIowa	Онел Я. + 48 чел.	Совместные работы
	Балтимор, MD	JHU	Шварц М. + 19 чел.	Совместные работы
	Батавия, IL	Fermilab	Канепа А. + 197 чел.	Совместные работы
	Бостон, MA	BU	Рольф Д. + 31 чел.	Совместные работы
		NU	Барбери Э. + 26 чел.	Совместные работы
	Боулдер, CO	CU	Кумалат Д.П. + 20 чел.	Совместные работы
	Буффало, NY	UB	Харчилава А. + 15 чел.	Совместные работы
	Гейнсвилл, FL	UF	Мицельмахер Г.В. + 38 чел.	Совместные работы
	Дейвис, CA	UC Davis	Конвей Д. + 33 чел.	Совместные работы
	Детройт, MI	WSU	Карчин П.Э. + 2 чел.	Совместные работы
	Итака, NY	Cornell Univ.	Рид А. + 46 чел.	Совместные работы
	Кембридж, MA	MIT	Паус К. + 40 чел.	Совместные работы
	Колледж-Стэйшн	Texas A&M	Сафонов А. + 27 чел.	Совместные работы
	Колледж-Парк	UMD	Скуджа А. + 34 чел.	Совместные работы
	Колумбус, OH	OSU	Хилл К. + 10 чел.	Совместные работы
	Лаббок, TX	TTU	Акчурин Н. + 17 чел.	Совместные работы
	Ливермор, CA	LLNL	Райт Д. + 1 чел.	Совместные работы
	Линкольн, NE	UNL	Блум К. + 24 чел.	Совместные работы
	Лоренс, KS	KU	Бин А. + 39 чел.	Совместные работы
	Лос-Анджелес	UCLA	Казинс Р. + 20 чел.	Совместные работы
	Мадисон, WI	UW-Madison	Дасу Ш. + 55 чел.	Совместные работы
	Манхеттен, KS	KSU	Маравин Ю. + 14 чел.	Совместные работы
	Миннеаполис	U of M	Русак Р. + 22 чел.	Совместные работы
	Нашвилл, TN	VU	Джонс В. + 44 чел.	Совместные работы
	Ноксвилл, TN	UTK	Спанер С. + 6 чел.	Совместные работы
	Нотр-Дам, IN	ND	Жессоп К. + 36 чел.	Совместные работы
	Нью-Брансуик	RU NB	Герштейн Ю. + 82 чел.	Совместные работы
	Нью-Йорк, NY	RU	Гулианос К. + 2 чел.	Совместные работы
	Оксфорд, MS	UM	Кремальди Л.М. + 6 чел.	Совместные работы
	Пасадена, CA	Caltech	Ньюмен Х. + 29 чел.	Совместные работы
	Питтсбург, PA	CMU	Паулини М. + 13 чел.	Совместные работы
	Принстон, NJ	PU	Олсен Д. + 44 чел.	Совместные работы
	Провиденс, RI	Brown	Нарейн М. + 46 чел.	Совместные работы
	Риверсайд, CA	UCR	Хансон Г. + 20 чел.	Совместные работы
	Рочестер, NY	UR	Бодек А. + 8 чел.	Совместные работы
	Сан-Диего, CA	SDSU	Брэнсон Д. + 34 чел.	Совместные работы
	Санта-Барбара	UCSB	Инкандела Д. + 36 чел.	Совместные работы
	Таллахасси, FL	FSU	Проспер Х. + 26 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Таскалуса, AL	UA	Хедерсон К. + 11 чел.	Совместные работы
	Уэйко, TX	BU	Хатакама К. + 14 чел.	Совместные работы
	Уэст-Лафейетт	Purdue Univ.	Парашар Н. + 4 чел.	Совместные работы
	Хьюстон, TX	Rice Univ.	Падли Б.П. + 28 чел.	Совместные работы
	Чикаго, IL	UIC	Геббер С.Е. + 26 чел.	Совместные работы
	Шарлотсвилл	UVa	Кокс Б. + 20 чел.	Совместные работы
	Эванстон, IL	NU	Веласко М. + 14 чел.	Совместные работы
Тайвань	Тайбэй, TPE	NTU	Ху Г. + 38 чел.	Совместные работы
	Таоюань, TAO	NCU	Ку Ч.-М. + 28 чел.	Совместные работы
Турция	Адана	CU	Думаноглу Л. + 34 чел.	Совместные работы
	Анкара	METU	Зейрек М. + 25 чел.	Совместные работы
	Стамбул, IDF	BU	Гюльмец Е. + 17 чел.	Совместные работы
		YTU	Канкокак К. + 10 чел.	Совместные работы
Финляндия	Лаппеэнранта	LUT	Тува Т. + 4 чел.	Совместные работы
	Хельсинки	HIP	Вутилайнен М. + 41 чел.	Совместные работы
		UH	Вутилайнен М. + 4 чел.	Совместные работы
Франция	Жив-сюр-Иветт	Irfu	Бесанкон М. + 30 чел.	Совместные работы
	Лион, ARA	UL	Гаскон С. + 51 чел.	Совместные работы
	Париж, IDF	IN2P3	Боде Ф. + 55 чел.	Совместные работы
	Страсбург, GES	IPHC	Блох Д. + 40 чел.	Совместные работы
Хорватия	Загреб	RBI	Брижлевич В. + 10 чел.	Совместные работы
	Сплит	UNIST	Ковач М. + 1 чел.	Совместные работы
			Пуляк И. + 12 чел.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Кампорези Т. + 302 чел.	Соглашение
Черногория	Подгорица	UCG	Рачевич Н. + 4 чел.	Совместные работы
Швейцария	Филлиген, AG	PSI	Котлински Д. + 11 чел.	Совместные работы
	Цюрих, ZH	ETH	Валлни Р. + 70 чел.	Совместные работы
		UZH	Канелли М.Ф. + 27 чел.	Совместные работы

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.	02-2-1085-2-2024/2026

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**BESIII**	**Денисенко И.И.** *Заместитель:* **Жемчугов А.С.**	Реализация

ЛЯП Бакина О.В., Бойко И.Р., Гуськов А.В., Дедович Д.В., Егоров П.А., Нефедов Ю.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.** Реализация

Изучение фундаментальных свойств адронов

ЛЯП Абазов В.М., Алексеев Г.Д., Антошкин А.И., Анфимов Н.В., Гонгадзе А., Гридин А.О., Денисенко И.И., Журавлёв Н.И., Ковязина Н.А., Мальцев А., Пискун А.А., Селюнин А.С., Серюбин С.С., Фролов В.Н.

ЛИТ Петросян А.Ш.

ЛФВЭ Аносов В.А., Гаврищук О.П., Гущерски Р., Земляничкина Е.В., Корзенев А.Ю., Кузнецов О.М., Пешехонов Д.В., 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. Набор данных по программе прецизионного измерения 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	Участники	Статус
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ	Макаренко В.В.	Обмен визитами
			Макаренко В.В.	Совместные работы
			Толкачева Д.Д.	Обмен визитами
			Толкачева Д.Д.	Совместные работы
Великобритания	Глазго, GLG	U of G	Зейц Б. + 1 чел.	Соглашение
Германия	Бонн, NRW	UniBonn	Кетцер Б. + 10 чел.	Соглашение
	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz	Петерс К.	Соглашение
	Мюнхен, BY	TUM	Пауль С. + 7 чел.	Соглашение
	Фрайберг, SN	TUBAF	Фишер Х. + 3 чел.	Соглашение
Израиль	Тель-Авив, TA	TAU	Лихтенштадт Й.	Совместные работы
Италия	Тренто, TN	UniTrento	Зуккон П. + 3 чел.	Соглашение
	Триест, TS	INFN Trieste	Мартин А. + 4 чел.	Соглашение
	Турин, TO	INFN Turin	Панциери Д. + 3 чел.	Соглашение
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS	Ли Хай-Бо	Соглашение
Польша	Варшава, MZ	IEP WU	Баделек Б.	Соглашение
		WUT	Курята Р.	Соглашение
	Отвоцк-Сверк, MZ	NCBJ	Сандач А. + 1 чел.	Соглашение
Португалия	Авейру	UA	Азеведо К. + 1 чел.	Соглашение
	Лиссабон	LIP	Квинтанс К. + 2 чел.	Соглашение
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Дзюба А. + 5 чел.	Соглашение
	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН	Ачасов М.Н.	Соглашение
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Донсков С. + 1 чел.	Соглашение
США	Лос-Аламос, NM	LANSCE LANL	Баудино И.	Соглашение
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Маллот Г.	Соглашение
Чехия	Прага, PR	CTU	Нови Й. +11 чел.	Соглашение
		CU	Матушек Я. + 5 чел.	Соглашение
Япония	Ямагата	YU	Хирума Й.	Соглашение

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, Казахстан, Китай, Монголия, Россия, Румыния, Словакия, Узбекистан, ЦЕРН.

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.	02-1-1087-1-2012/2026
2.	СКАН-3	Афанасьев С.В. *Заместитель:* Дряблов Д.К.	02-1-1087-2-2017/2027

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
1. NA61/SHINE	**Малахов А.И.** *Заместители:* **Дмитриев А.В.** **Зайцев А.А.**	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. Создание прецизионного магнитного спектрометра СКАН-3 и проведение исследований ненуклонных степеней свободы в ядрах, нуклонных корреляций и ядерной фрагментации на внутренней мишени Нуклотрона

Афанасьев С.В.
Заместитель:
Дряблов Д.К.

Модернизация
Изготовление
Анализ статистики

ЛФВЭ Анисимов Ю.С., Балдин А.А., Вартик В., Дубинчик Б.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.

ЛЯП Лыкасов Г.И., Любушкин В.В., Попов Б.А., Терещенко В.В.

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 технического сеанса на внутреннем пучке нуклотрона для юстировки детекторов и отладки программы сбора данных.

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.**	2024-2026 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.**	2024-2026 Модернизация Изготовление Анализ статистики

ЛЯП Стегайлов В.И.

ЛЯР Кирокасян В.В., 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:
Отладка программы QUARUS CAEN на установке ФАЗА-3 для регистрации ядерных фрагментов.

Анализ экспериментальных данных в рамках статистических и динамических моделей.

Подготовка нового проекта.

3. Использование тяжелых и легких ионов для прикладных исследований — **Малахов А.И.** — 2024-2026

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.** — 2024-2026

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.** — 2024-2026

Разработка и испытания прототипов

ЛФВЭ Абраамян Х.У., Акбаров Р.А., 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.** — 2024-2026

Изготовление
Набор данных

ЛФВЭ Волков И.С., Гурчин Ю.В., Исупов А.Ю., Киреев В.А., Ладыгина Н.Б., Легостаева 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. Поиск и исследование новой заряженной частицы в интервале массы 2-120 МэВ — **Никитин В.А.** — 2024-2026

Анализ данных

ЛФВЭ Аникина М.Х., Белобородов А.В., Зайцев А.А., Рихвицкий В.С., Троян А.Ю.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Поиск и исследование заряженной частицы в интервале массы 2-120 МэВ.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Дополнение существующих результатов новыми данными.

8. Сбор, обработка и оцифровка 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 — **Балдин А.А.** — 2024-2026

Анализ данных

ЛФВЭ Аракелян С.Г., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Беляев А.В., Блеко Вер.В., Блеко Вит.В., Богословский Д.Н., Иерусалимов А.П., Илющенко В.В., Клевцов Е.А., Коровкин Д.С., Кухарев В.А., Пухаева Н.Е., Рогачевский О.В., Сафонов А.Б., Троян А.Ю., Троян Ю.А., Харьюзов П.Р., Четвериков С.А.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Анализ данных пузырьковых камер, поиск и исследование новых явлений на базе суперкомпьютера ЛИТ ОИЯИ.

Пополнение базы экспериментальных данных в области релятивистской ядерной физики.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Анализ данных пузырьковых камер, поиск и исследование новых явлений на базе суперкомпьютера ЛИТ ОИЯИ.

Пополнение базы экспериментальных данных в области релятивистской ядерной физики.
Уточнение результатов, полученных на пропановой двухметровой камере, и анализ данных по результатам эксперимента NA61/SHINE.

9. Физика больших p_T на выведенных пучках Нуклотрона — **Шарков Г.Б.** (НИЯУ МИФИ), **Ставинский А.В.**, **Шиманский С.С.** — 2025-2026

Подготовка проекта

ЛФВЭ Алексеев П.Н., Балдин А.А., Блеко В.В., Пацюк М.А.

ЛИТ Ужинский В.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен на экспериментальный поиск проявления и изучение свойств многокварковых (многонуклонных) состояний на выведенных поляризованных и неполяризо-ванных пучках лёгких ядер Нуклотрона. Использование криогенных и поляризованных мишеней позволит проводить уникальные эксклюзивные и корреляционные исследования редких процессов в NN-, dd-, NA- и AA взаимодействиях в области $p_T > 0{,}5$ ГэВ/с.

Для реализации уникальной физической программы необходимо создать экспериментальную установку, имеющей аксептанс близкий к 4π, для работы с выведенными пучками, поляризованных и неполяризованных, лёгких ядер Нуклотрона максимальной интенсивности.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Разработка предложения экспериментальной программы и её физическое обоснование для открытия проекта по созданию Концептуального (CDR) и, в последствии, Технического (TDR) проектов.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Подготовка первой версии Концептуального проекта (CDR) и представление проекта на ПКК ОИЯИ.

10. Нейтроноизбыточные ядра на комплексе NICA

Бутенко А.В.
Оганесян Ю.Ц.
Афанасьев С.В.

2025-2026

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 внутренней мишени бустера Нуклотрона. Подготовка проекта эксперимента.

Сотрудничество по теме 1087

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Балабекян А. + 2 чел.	Совместные работы
		ННЛА	Гулканян Г.У. + 4 чел.	Совместные работы
			Саркисян В.Р. + 1 чел.	Совместные работы
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ	Барышевский В.Г. + 5 чел.	Совместные работы
			Барышевский В.Г. + 5 чел.	Обмен визитами
			Батраков К.Г. + 4 чел.	Обмен визитами
			Батраков К.Г. + 4 чел.	Совместные работы
			Сытова С.Н. + 2 чел.	Обмен визитами
			Сытова С.Н. + 2 чел.	Совместные работы
Болгария	Благоевград	AUBG	Станоева Р.	Совместные работы
			Мицова Э.	Совместные работы
	София	INRNE BAS	Иванов И.Ц.	Совместные работы
			Костов Л.	Совместные работы
			Пенев В.Н.	Совместные работы
			Шкловская А.	Совместные работы
		Inst. Microbiology	Данова С.	Совместные работы
		SU	Богомилов М.	Совместные работы
			Колев Д.	Соглашение
Индия	Джайпур, RJ	UoR	Кумар В. + 2 чел.	Совместные работы
	Мумбаи, MH	BARC	Кумават Х. + 2 чел.	Совместные работы
Казахстан	Астана, AST	ЕНУ	Маханов К.М. + 2 чел.	Соглашение
	Караганда, KAR	КарТУ	Калытка В.А.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Китай	Пекин, BJ	CIAE	Гуо С.Л.	Совместные работы
		IHEP CAS	Чью Х.Х.	Соглашение
	Ухань, HB	CCNU	Ли С.Л.	Соглашение
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Баатар Ц. + 4 чел.	Совместные работы
Россия	Белгород, BEL	БелГУ	Кубанкин А.С. + 4 чел.	Совместные работы
	Владикавказ, SE	Баспик	Джерапов Г.К.	Соглашение
			Кулов С.К.	Соглашение
			Кулова Н.С.	Соглашение
			Рыжков А.А.	Соглашение
			Самканашвили Д.Г.	Соглашение
			Самодуров П.С.	Соглашение
			Федотова Г.В.	Соглашение
		СОГУ	Пухаева Н.Е. + 2 чел.	Соглашение
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Ким В.Т.	Совместные работы
	Москва, MOW	ИТЭФ	Батяев В.Ф.	Совместные работы
			Титаренко Ю.Е. + 5 чел.	Совместные работы
		МГУ	Чепурнов А.С. + 2 чел.	Совместные работы
		МИФИ	Шарков Г.Б.	Совместные работы
			Александров В.А.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Ставинский А.В. + 7 чел.	Совместные работы
		ФИАН	Басков В.А.	Совместные работы
			Львов А.И.	Совместные работы
			Полухина Н.Г. + 5 чел.	Совместные работы
			Полянский В.В.	Совместные работы
			Сидорин С.С.	Совместные работы
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Алов В.А.+ 5 чел.	Совместные работы
			Волков А.А. + 3 чел.	Совместные работы
			Гапиенко В.А. + 5 чел.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	НИИФ СПбГУ	Краснов Л.В. + 4 чел.	Совместные работы
			Литвин В.Ф.	Совместные работы
			Феофилов Г.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Смоленск, SMO	СмолГУ	Дюндин А.В. + 4 чел.	Соглашение
	Томск, TOM	ТПУ	Главанаков И.В.	Совместные работы
			Табаченко А.Н.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Берлев А.И.	Совместные работы
			Губер Ф.Ф. + 2 чел.	Совместные работы
			Дмитриева У.А.	Совместные работы
			Курепин А.Б.	Совместные работы
			Пшеничнов И.А.	Совместные работы
			Решетин А.И.	Совместные работы
			Финогеев Д.А.	Совместные работы
			Шабанов А.И.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Черноголовка	ИСМАН РАН	Пономарев В.И. + 1 чел.	Совместные работы
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH	Апостол М.	Совместные работы
			Каприни М. + 1 чел.	Совместные работы
			Константиу М.	Совместные работы
			Кручеру М.Г. + 4 чел.	Совместные работы
			Николеску Г.	Совместные работы
			Пентця М. + 1 чел.	Совместные работы
			Понта Т. + 5 чел.	Совместные работы
			Поп И. + 4 чел.	Совместные работы
			Циолаку Л.	Совместные работы
		UB	Джипа А. + 6 чел.	Совместные работы
	Мэгуреле, IF	ISS	Могилдеа Г.	Совместные работы
			Могилдеа М.	Совместные работы
			Фмру Е. + 2 чел.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	IP SAS	Гмуца Ш. + 3 чел.	Совместные работы
			Дубничка С.	Совместные работы
			Климан Я. + 4 чел.	Совместные работы
			Матоушек В.	Совместные работы
	Кошице, KI	UPJS	Вокал С. + 4 чел.	Совместные работы
Узбекистан	Джизак, JI	ДжГПУ	Бекмирзаев Р.Н.	Совместные работы
			Жомуродов Д.М.	Совместные работы
			Саттаров С.А.	Соглашение
	Самарканд, SA	СамГУ	Ибадов Р.М.	Совместные работы
			Султанов М.У.	Совместные работы
	Ташкент, TK	Физика-Солнце	Гуламов У.Г. + 13 чел.	Совместные работы
			Навотный В.Ш.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Де-Барбара П.	Совместные работы

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, Бангладеш, 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	Руководитель проекта	Шифр проекта
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. ALICE	**Водопьянов А.С.**	02-1-1088-1-2010/2030
		Реализация

ЛФВЭ Арефьев В.А., Астахов В.И., Балдин Н.А., Богословский Д.Н., Борисов А.В., Бузин С.Г., Бурмасов М.Г., Буряков М.Г., Диаз Р.А., Додохов В.Х., Ефремов А.А., Крышень Е.Л., Лобанов В.И., Номоконов П.В., Руфанов И.А., Цебаллос С.Ц.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Участие в обработке и анализе экспериментальных данных по фемтоскопии заряженных К-мезонов, ультрапериферическим взаимодействиям, включая измерения эксклюзивного рождения пар мюонов и когерентного фоторождения J/ψ и $\psi(2S)$ в ультрапериферических столкновениях легких ядер, рождению гиперонов, подготовке публикаций и докладов на конференциях. Участие в обслуживании и эксплуатации установки ALICE. Подготовка предложений по модернизации детектора ALICE: электромагнитный калориметр.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Участие в обработке и анализе экспериментальных данных, подготовка публикаций, представление докладов на конференциях.

Подготовка технического проекта по созданию электромагнитного калориметра.

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.

Физическое моделирование электромагнитного калориметра.

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., Григорян С.С., Крышень Е.Л., Кузнецов А.В., Михайлов К.Р., Рогочая Е.П.

ЛТФ Блашке Д., Неделько С.Н.

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 Кондратьев А.О., Мицын В.В.

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. Электромагнитный калориметр

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., 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 новый компактный электромагнитный калориметр.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Подготовка Технического проекта электромагнитного калориметра.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Физическое моделирование электромагнитного калориметра.

Сотрудничество по теме 1088

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Австрия	Вена, W	SMI	Вебер М. + 5 чел.	Совместные работы
Азербайджан	Баку, BA	НЦЯИ	Рустамов А. + 5 чел.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	ННЛА	Григорян А. + 5 чел.	Совместные работы
Бангладеш	Дакка, Dh	DU	Момен А. + 3 чел.	Совместные работы
Болгария	София	IAPS	Кожухаров В. + 5 чел.	Совместные работы
		SU	Кожухаров В. + 3 чел.	Совместные работы
Бразилия	Кампинас, SP	UNICAMP	Такахаши Дж. + 5 чел.	Совместные работы
	Порту-Алегри, RS	UFRGS	Де Леоне Гэй + 10 чел.	Совместные работы
	Сан-Паулу, SP	USP	Гомейро Мунхоз М.+ 5ч.	Совместные работы
	Санту-Андре, SP	UFABC	Косентино М. + 5 чел.	Совместные работы
Великобритания	Бирмингем, BIR	Ун-т	Эванс Д. + 4 чел.	Совместные работы
	Дарсбери, CHS	DL	Леммон Р.К. + 3 чел.	Совместные работы
	Дерби, DBY	Ун-т	Барнби Л. + 3 чел.	Совместные работы
	Ливерпуль, MSY	UOL	Чартье М. + 3 чел.	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Палла Г. + 6 чел.	Совместные работы
Германия	Бонн, NRW	UniBonn	Кетцер Б. + 5 чел.	Совместные работы
	Вормс, RP	ZTT	Кейдель Р. + 5 чел.	Совместные работы
	Гейдельберг, BW	Ун-т	Штахель Й. + 10 чел.	Совместные работы
	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz	Маччиони С. + 20 чел.	Совместные работы
		TU Darmstadt	Джубеллино П. + 5 чел.	Совместные работы
	Мюнстер, NRW	Ун-т	Андроник А. + 10 чел.	Совместные работы
	Мюнхен, BY	TUM	Фабетти Л. + 5 чел.	Совместные работы
	Тюбинген, BW	Ун-т	Шмидт Х.Р. + 5 чел.	Совместные работы
	Франкфурт-на-Майне	FIAS	Линденструс В. + 5 чел.	Совместные работы
		GU	Аппельхаузер Х. + 5 чел.	Совместные работы
			Кебшуль У. + 5 чел.	Совместные работы
Греция	Афины	NKUA	Панайото А.Д. + 3 чел.	Совместные работы
Дания	Копенгаген	NBI	Гаардхой Дж. + 5 чел.	Совместные работы
Индия	Алигарх, UP	AMU	Ахмад С. + 5 чел.	Совместные работы
	Бхубанешвар, OD	IOPB	Саху П.К. + 3 чел.	Совместные работы
	Гувахати, AS	GU	Баттачарджи Б. + 5 чел.	Совместные работы
	Джайпур, RJ	UoR	Ранивала С. + 3 чел.	Совместные работы
	Джамму, JK	JU	Бхасин А. + 4 чел.	Совместные работы
	Джатни, OD	NISER	Моханту Б. + 5 чел.	Совместные работы
	Индор, MP	IIT Indore	Саху Р. + 3 чел.	Совместные работы
	Калькутта, WB	BNC	Раха С. + 6 чел.	Совместные работы
		SINP	Чатопадиа С. + 8 чел.	Совместные работы
		UC	Чакрабарти А. + 5 чел.	Совместные работы
		VECC	Чатопадиа С. + 7 чел.	Совместные работы
	Мумбаи, MH	BARC	Чандратр В. + 7 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		IIT Bombay	Нанди Б. + 6 чел.	Совместные работы
	Чандигарх, CH	PU	Кумар Л. + 3 чел.	Совместные работы
Индонезия	Джакарта, JK	BRIN	Садикин Р. + 3 чел.	Совместные работы
Италия	Алессандрия, AL	DiSIT UPO	Рамелло Л. + 6 чел.	Совместные работы
	Бари, BA	DIF	Манзари В. + 8 чел.	Совместные работы
		INFN Bari	Манзари В. + 7 чел.	Совместные работы
		Poliba	Бруно Дж. + 5 чел.	Совместные работы
	Болонья, BO	INFN Bologna	Антониоли П. + 8 чел.	Совместные работы
		UniBo	Антониоли П. + 3 чел.	Совместные работы
	Брешия, BS	UNIBS	Бономи Дж. + 5 чел.	Совместные работы
	Верчелли, VC	UPO	Рамелло Л. + 5 чел.	Совместные работы
	Кальяри, CA	INFN Cagliari	Масони А. + 6 чел.	Совместные работы
		UniCa	Чикало Ч. + 1 чел.	Совместные работы
	Катания, CT	INFN Catania	Бадала А. + 3 чел.	Совместные работы
		UniCT	Бадала А. + 2 чел.	Совместные работы
	Леньяро, PD	INFN LNL	Биасотто М. + 1 чел.	Совместные работы
	Мессина, ME	UniMe	Трифиро А. + 1 чел.	Совместные работы
	Павия, PV	UniPv	Ротонди А. + 4 чел.	Совместные работы
	Падуя, PD	INFN Padua	Росси А. + 2 чел.	Совместные работы
		UniPd	Росси А. + 1 чел.	Совместные работы
	Рим, RM	CREF	Чифарелли Л. + 5 чел.	Совместные работы
		INFN Rome	Маззони А. + 5 чел.	Совместные работы
		Sapienza	Маззони А. + 1 чел.	Совместные работы
	Салерно, SA	INFN Salerno	Паскуале де С. + 5 чел.	Совместные работы
	Триест, TS	INFN Trieste	Пиано С. + 5 чел.	Совместные работы
		UniTS	Пиано С. + 3 чел.	Совместные работы
	Турин, TO	INFN Turin	Мазера М. + 5 чел.	Совместные работы
		PoliTO	Агнелло М. + 6 чел.	Совместные работы
		UniTo	Мазера М. + 2 чел.	Совместные работы
	Фоджа, FG	UNIFG	Мастросериа А. + 1 чел.	Совместные работы
	Фраскати, RM	INFN LNF	Муччифора В. + 8 чел.	Совместные работы
	Эриче, TP	EMFCSC	Зикики А. + 1 чел.	Совместные работы
Китай	Пекин, BJ	CIAE	Ли Хю. + 5 чел.	Совместные работы
	Ухань, HB	CCNU	Жу Д. + 5 чел.	Совместные работы
		HBUT	Жанг Ф. + 5 чел.	Совместные работы
	Хэфэй, AH	USTC	Танг З. + 5 чел.	Совместные работы
	Шанхай, SH	SINAP CAS	Ма И. + 5 чел.	Совместные работы
Куба	Гавана	CEADEN	Лопез Торрес Е. + 5 чел.	Совместные работы
Мальта	Мсида	UM	Валентино Г. + 4 чел.	Совместные работы
Мексика	Кульякан, SIN	UAS	Леон Монзон И. + 5 чел.	Совместные работы
	Мехико, CDMX	Cinvestav	Эррера Корал Г. + 5 чел.	Совместные работы
		UNAM	Менчака-Роча А. + 1 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Пайч Г. + 1 чел.	Совместные работы
	Пуэбла, PUE	BUAP	Фернандез Теллез А.+ 3 ч.	Совместные работы
Нидерланды	Амстердам, NH	AUAS	Тейтсма М. +1 чел.	Совместные работы
		NIKHEF	Куйер П. + 7 чел.	Совместные работы
	Утрехт, UT	UU	Снеллингс Р. + 6 чел.	Совместные работы
Норвегия	Берген	HVL	Хелструп Х. + 5 чел.	Совместные работы
		UiB	Рёрих Д. + 7 чел.	Совместные работы
	Борре	USN	Лиен Дж.А. + 6 чел.	Совместные работы
	Осло	UiO	Тветер Т. + 4 чел.	Совместные работы
Пакистан	Исламабад, IS	COMSATS	Бхатти А. + 3 чел.	Совместные работы
		PINSTECH	Жанжуя С. + 1 чел.	Совместные работы
Перу	Лима, LMA	PUCP	Гаго Медина А. + 4 чел.	Совместные работы
Республика Корея	Инчхон	Inha	Квеон М.Ж. + 1 чел.	Совместные работы
	Каннын	GWNU	Ким Д.В. + 1 чел.	Совместные работы
	Пусан	PNU	Йо И.-К. + 7 чел.	Совместные работы
	Сеул	Konkuk Univ.	О С.К. + 1 чел.	Совместные работы
		SJU	Ким С.И. + 5 чел.	Совместные работы
		Yonsei Univ.	Ёнгил К. + 3 чел.	Совместные работы
	Тэджон	KIST	Ан С.У. + 1 чел.	Совместные работы
	Чонджу	JBNU	Ким Е.Дж. + 1 чел.	Совместные работы
	Чхонджу	CBNU	Нох С. + 1 чел.	Совместные работы
Россия	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Каравичева Т.Л. + 5 чел.	Совместные работы
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH	Петровичи М. + 10 чел.	Совместные работы
		UPB	Карабас М. + 1 чел.	Совместные работы
	Мэгуреле, IF	ISS	Добрин А. + 2 чел.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	CU	Ситар Б. + 2 чел.	Совместные работы
	Кошице, KI	IEP SAS	Кралик И. + 2 чел.	Совместные работы
		TUKE	Жадловски Ж. + 2 чел.	Совместные работы
		UPJS	Бомбара М. + 3 чел.	Совместные работы
США	Беркли, CA	Berkeley Lab	Джакобс П. + 4 чел.	Совместные работы
		UC	Яцак Б. + 5 чел.	Совместные работы
	Детройт, MI	WSU	Волошин С. + 4 чел.	Совместные работы
	Колумбус, OH	OSU	Юманик Т. + 6 чел.	Совместные работы
	Лос-Аламос, NM	LANSCE LANL	Лиу М.К. + 3 чел.	Совместные работы
	Ноксвилл, TN	UTK	Наттрасс Ч. + 4 чел.	Совместные работы
	Нью-Хейвен, CT	Yale Univ.	Харрис Дж. + 5 чел.	Совместные работы
	Ок-Ридж, TN	ORNL	Лоизидис К. + 4 чел.	Совместные работы
	Омаха, NE	Creighton Univ.	Зегер Дж. + 4 чел.	Совместные работы
	Остин, TX	UT	Маркерт К. + 5 чел.	Совместные работы
	Сан-Луис-Обиспо	Cal Poly	Клэй Дж. + 5 чел.	Совместные работы
	Уэст-Лафейетт	Purdue Univ.	Шривастава Б.К. + 3 чел.	Совместные работы
	Хьюстон, TX	UH	Пински Л. + 5 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Чикаго, IL	CSU	Гарсиа-Солис Е. + 5 чел.	Совместные работы
Таиланд	Бангкок	KMUTT	Пхунгчонгхарн П.+ 5ч.	Совместные работы
	Накхонратчасима	SLRI	Клисубун П. + 4 чел.	Совместные работы
		SUT	Кобдаж Ц. + 2 чел.	Совместные работы
	Чаченгсау	TMEC	Жемсаксири В. + 5 чел.	Совместные работы
Турция	Конья	Karatay Univ.	Карасу Юсал А. + 2 чел.	Совместные работы
	Стамбул, IDF	IU	Картал С. + 5 чел.	Совместные работы
		YTU	Субаши М. + 2 чел.	Соглашение
Финляндия	Йювяскюля	UJ	Расанен С. + 3 чел.	Совместные работы
	Хельсинки	HIP	Расанен С. + 5 чел.	Совместные работы
Франция	Вийёрбан, ARA	CC IN2P3	Верне Р. + 5 чел.	Совместные работы
	Гренобль, ARA	LPSC	Гернан Р. + 5 чел.	Совместные работы
	Жив-сюр-Иветт	Irfu	Балдиссери А. + 12 чел.	Совместные работы
	Лион, ARA	UL	Шени Б. + 7 чел.	Совместные работы
	Нант, PDL	Subatech	Жерме М. + 10 чел.	Совместные работы
	Обьер, ARA	LPCA	Кроше Ф. + 10 чел.	Совместные работы
	Орсе, IDF	IJCLab	Суир Ч. + 10 чел.	Совместные работы
	Страсбург, GES	IPHC	Кюн Ч. + 1 чел.	Совместные работы
Хорватия	Загреб	RBI	Античич Т. + 3 чел.	Совместные работы
		UNIZIG	Планинич М. + 3 чел.	Совместные работы
	Сплит	UNIST	Готовак М. + 3 чел.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Ван де Вивр П. + 70 чел.	Соглашение
Швеция	Лунд, M	LU	Кристиансен П. + 5 чел.	Совместные работы
Шри-Ланка	Моратува	UOM	Перера Г. + 3 чел.	Совместные работы
ЮАР	Йоханнесбург, GT	WITS	Диетел Т. + 2 чел.	Совместные работы
	Кейптаун, WC	UCT	Диетел Т. + 3 чел.	Совместные работы
	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Диетел Т. + 5 чел.	Совместные работы
Япония	Вако	RIKEN	Еньо Х. + 5 чел.	Совместные работы
	Нагасаки	NIAS	Ояма К. + 2 чел.	Совместные работы
	Нара	NWU	Шимомура М. + 2 чел.	Совместные работы
	Осака	RCNP	Ноуми Х. + 2 чел.	Совместные работы
	Сага	Saga Univ.	Фусаясу Т. + 5 чел.	Совместные работы
	Токай	JAEA	Сако Х. + 2 чел.	Совместные работы
	Токио	UTokyo CNS	Гунжий Т. + 5 чел.	Совместные работы
	Хиросима	HU	Шигаки К. + 2 чел.	Совместные работы
	Цукуба	Ун-т	Чуйжо Т. + 6 чел.	Совместные работы

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.	02-1-1096-2-2017/2026

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**NA62**	**Кекелидзе В.Д.** *Заместитель:* **Мадигожин Д.Т.**	Набор данных 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 начата 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.

Развитие программного обеспечения моделирования магнитного спектрометра и эксперимента в целом; 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.

Участие в экспериментальном сеансе экспозиции установки на SPS ЦЕРН.

2. NA64 **Матвеев В.А.**
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 полученной в эксперименте NA64 информации.

Сопровождение и обслуживание трековых детекторов, строу трубок.

Участие в сеансах эксперимента NA64 в экспериментальной зоне на канале H4 ускорителя SPS ЦЕРН.

Участие в создании и развитии математического обеспечения для онлайн, офлайн анализа данных и DAQ эксперимента.

Сотрудничество по теме 1096

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Бельгия	Лувен-ля-Нёв	UCL	Кортина Гил Э. + 8 чел.	Совместные работы
Болгария	Благоевград	SWU	Станоева Р.	Совместные работы
	Пловдив	PU	Чолаков В. + 2 чел.	Совместные работы
	София	SU	Литов Л. + 3 чел.	Совместные работы
Великобритания	Бирмингем, BIR	Ун-т	Лазерони К. + 21 чел.	Совместные работы
	Бристоль, BST	Ун-т	Хес Х. + 4 чел.	Совместные работы
	Глазго, GLG	U of G	Бриттон Д. + 4 чел.	Совместные работы
	Ланкастер, LAN	LU	Руджейро Г. + 3 чел.	Совместные работы
Германия	Бонн, NRW	UniBonn	Кетцер Б. + 2 чел.	Совместные работы
	Майнц, RP	JGU	Бушер Ф. + 13 чел.	Совместные работы
Испания	Валенсия, V	IFIC-CSIC	Молина Буэно Л. + 5 чел.	Совместные работы
Италия	Генуя, GE	INFN Genoa	Челентано А. + 10 чел.	Совместные работы
	Неаполь, NA	INFN Naples	Амброзино Ф. + 8 чел.	Совместные работы
	Перуджа, PG	INFN Perugia	Пичини М. + 15 чел.	Совместные работы
	Пиза, PI	INFN Pisa	Костантини Ф. + 24 чел.	Совместные работы
	Рим, RM	INFN Rome	Валенте П. + 8 чел.	Совместные работы
		Tor Vergata	Саламон А. + 11 чел.	Совместные работы
	Турин, TO	INFN Turin	Биино К. + 20 чел.	Совместные работы
	Феррара, FE	INFN Ferrara	Петруччи Ф. + 15 чел.	Совместные работы
	Флоренция, FI	INFN Florence	Ленти М. + 10 чел.	Совместные работы
	Фраскати, RM	INFN LNF	Антонелли А. + 18 чел.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Камбар И. + 3 чел.	Совместные работы
Канада	Ванкувер, BC	TRIUMF	Нумао Т. + 1 чел.	Совместные работы
		UBC	Брайман Д.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Торонто, ON	YU	Радикс Б. + 3 чел.	Совместные работы
Мексика	Сан-Луис-Потоси, SLP	UASLP	Энгельфрид Ю. + 3 чел.	Совместные работы
Румыния	Бухарест, B	IFIN-HH	Брагадиреану А. + 3 чел.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	CU	Блажек Т. + 8 чел.	Совместные работы
			Черный В.	Совместные работы
США	Аптон, NY	BNL	Ворцестер Э.	Совместные работы
	Бостон, MA	BU	Сулак Л. + 2 чел.	Совместные работы
	Менло-Парк, CA	SLAC	Ковард Д.	Совместные работы
	Мерсед, CA	UCMerced	Винстон Р.	Совместные работы
	Фейрфакс, VA	GMU	Рубин Ф. + 1 чел.	Совместные работы
Франция	Марсель, PAC	CPPM	Пирин-Тирин М. + 1 чел.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Чекуччи А. + 37 чел.	Соглашение
Чили	Вальпараисо, VS	USM	Кулешов С.В. + 5 чел.	Совместные работы
Швейцария	Лозанна, VD	EPFL	Марчевский Р.И. + 3 чел.	Совместные работы
	Цюрих, ZH	ETH	Кривелли П. + 4 чел.	Совместные работы

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, 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:

Лаборатория	Наименование проекта Ответственные от лаборатории	Руководители проекта	Шифр проекта 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., Москаленко В.Д., 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., 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 экзотических распадов бозонов Хиггса и выбор отдельных мод распада для их детального исследования.

Разработка программно-математического обеспечения для Монте-Карло моделирования, прецизионные теоретические расчеты электрослабых взаимодействий.

Стендовые исследования отдельных элементов электромагнитного и адронного калориметров, мюонного детектора и их прототипов. Разработка концепции калибровки систем детекторов экспериментов на CEPC.

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., Шалюгин А.Н.

ЛТФ Козлов Г.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Эксперимент Mu2e посвящен поиску процесса с нарушением лептонного числа для заряженных лептонов $\mu^- N \rightarrow e^- N$, 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 $\mu^- N \rightarrow e^- N$ 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 $\mu^- \rightarrow e^-$ 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 $\mu^- \rightarrow e^-$ конверсию еще на порядок.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Участие в подготовке программы исследований на пучке мюонов и программного обеспечения для анализа данных на космике.

Проведение исследований радиационной стойкости кристаллов BaF_2 (чистых и легированных редкоземельным элементом иттрий) и LYSO для использования во второй фазе эксперимента.

2. Эксперимент MEG II	**Хомутов Н.В.**	2024-2027
		Набор данных Обработка данных

ЛЯП Кравчук Н.П., Малышев В.Л., Рождественский А.М.

ЛФВЭ Колесников А.О., Крылов В.А.

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 $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ особенно чувствителен к такой новой физике. Эксперимент MEG II - это вторая фаза эксперимента MEG по поиску распада $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ 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:
Продолжение набора данных.

Обработка экспериментальных данных, набранных в 2024-2025 гг., и публикация промежуточных результатов.

Сотрудничество по теме 1151

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	ИРП	Мирзаев М.Н. + 2 чел.	Совместные работы
		ИФ	Нагиев Ш. + 3 чел.	Совместные работы
Беларусь	Минск, MI	ИФ НАНБ	Курочкин Ю.А. + 3 чел.	Совместные работы
		ИЭ НАНБ	Баев В.Г. + 3 чел.	Совместные работы
		НИИ ЯП БГУ	Мисевич О.В. + 3 чел.	Совместные работы
Италия	Пиза, PI	INFN Pisa	Балдини А. + 3 чел.	Совместные работы
	Фраскати, RM	INFN LNF	Мишетти С. + 5 чел.	Совместные работы
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS	Ван И.	Совместные работы
			Руан М.	Совместные работы
			Чен М.	Совместные работы
	Циндао, SD	SDU	Хуан К.	Совместные работы
	Шанхай, SH	Fudan	Ван К. + 5 чел.	Совместные работы
Россия	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Федин О.Л.	Совместные работы
	Долгопрудный	МФТИ	Аушев Т.	Совместные работы
	Москва, MOW	ВШЭ	Пахлов П.Н.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН	Барняков А.	Совместные работы
Узбекистан	Самарканд, SA	СамГУ	Сафаров А.Н. + 3 чел.	Совместные работы
Швейцария	Филлиген, AG	PSI	Ритт Ш.	Совместные работы
Япония	Токио	UTokyo ICEPP	Мори Т.	Совместные работы

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**	**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., Аникина М.Х., 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., Фещенко 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.

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. Разработка технического проекта спектрометра с двумя магнитами (установки второго магнита, подвод коммуникаций, опор для детекторов), системы сбора данных (проект и тесты), моделирование для оптимальной геометрии совместных детекторов (для экспериментов HyperNIS и SRC).

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., Аникина М.Х., 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.

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.** **Никитин В.А.**	2025-2026 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. Настройка их параметров при одной энергии перестает работать при переходе к более высокой энергии. Все это свидетельствует о существенном непонимании механизма множественного рождения. 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, черенковского излучения глюонов кварками 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 и другие коллективные проявления в поведении вторичных частиц могут быть изучены на будущем коллайдере NICA в проекте SPD, так как планируется регистрация событий при отсутствии какого-либо триггера. Этот проект 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 адронизацию.

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 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.

Создание автономного многоканального спектрометра-калориметра регистрации мягких фотонов и использование его для измерения поляризации поляриметром SPILER на выходе спинового поляризационного источника (SPI).

Определение критической области множественности, при которой продольная и поперечная компоненты импульса становятся одинаковыми (исчезновение лидирующей частицы) и установление ее связи с областью образования пионного конденсата.

Оптимизация работы программы моделирования SpdRoot.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Создание электроники считывания и управления кремниевыми фотоумножителями (SiPM) автономного многоканального спектрометра-калориметра регистрации мягких фотонов и использование его для измерения поляризации поляриметра SPILER на выходе спинового поляризационного источника (SPI).

Подготовка физической программы, нацеленной на поиск коллективных явлений в событиях с большой (превышающей среднюю) множественностью, в частности, обнаруженного на ускорителе У-70 пионного (Бозе-Эйнштейна) конденсата, исследование повышенного выхода мягких фотонов, излучения Черенкова кварками глюонов, эффекта исчезновения лидирующей частицы, основываясь на результатах проекта Термализация, выполненной на ускорителе У-70 в ИФВЭ (Протвино).

Выполнить Монте-Карло моделирование с неполяризованными и поляризованными пучками протонов и легкими ядрами для изучения поведения множественности. Выполнить сравнение с модельным предсказаниями при энергии до 10 ГэВ для заряженных и нейтральных частиц (мезонов и барионов) в модели глюонной доминантности. Выполнить это моделирование в пакете SPDRoot.

По данным проекта "Термализация" получить распределения по множественности нейтральных пионов как функции полной множественности и подтвердить приближение их к распределению Пуассона, предсказанного в работах Ледницки Р. с коллегами. Построить схему аннигиляции адронов в модели глюонной доминантности, применить её к объяснению обнаруженной особенности поведения множественности на коллайдерном эксперименте в Новосибирске в e^+e^- аннигиляции в пороговой области рождения протон-антипротонной пары.

Разработать физическую программу на будущей установке SPD с неполяризованными и поляризованными пучками протонов и легкими ядрами для изучения поведения множественности. Проведение моделирования *pp* (*dd*, *pd*) взаимодействий при энергиях до 27 ГэВ и подготовка к детальному исследованию параметров стадии адронизации заряженных и нейтральных частиц (мезонов и барионов) в модели глюонной доминантности.

Разработка и модернизация алгоритма задания начальных параметров треков в фильтре Калмана для повышения эффективности реконструкции треков, точности восстановления импульсов, нахождения вершин взаимодействия в ПО SpdRoot.

Исследовать влияние вещества в endcap установки SPD на реконструкцию треков и подбор оптимальных параметров реконструкции треков.

Разработать пакет программ SpdRoot для работы на моделированных событиях, приближенных к экспериментальным.

Подготовка проекта NEMAN.

Сотрудничество по теме 1086

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Беларусь	Гомель, НО	ГГТУ	Авакян С.Л. + 3 чел.	Совместные работы
			Авакян С.Л. + 3 чел.	Обмен визитами
			Крышнев Ю.В. + 2 чел.	Обмен визитами
			Крышнев Ю.В. + 2 чел.	Совместные работы
		ГГУ	Тюменков Г.Ю. + 2 чел.	Совместные работы
	Минск, МІ	БГУИР	Сацук С.М. + 3 чел.	Совместные работы
		ИПФ НАНБ	Шуляковский Р.Г. + 4 чел.	Обмен визитами
			Шуляковский Р.Г. + 4 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		ИФ НАНБ	Левчук М.И.	Совместные работы
Египет	Александрия, ALX	AU	Шоша Я.	Совместные работы
Израиль	Тель-Авив, TA	TAU	Хен О.	Совместные работы
			Пясецки Эли	Совместные работы
Индия	Калькутта, WB	UC	Саркар К.	Совместные работы
Куба	Гавана	InSTEC	Кабалеро Дуран Й.	Совместные работы
Россия	Зеленоград, MOW	НИИМВ	Жаворонков Н.В.	Совместные работы
	Москва, MOW	Азимут Фотоникс	Тимошин С.В.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Богданова Г.А.	Совместные работы
			Волков В.	Совместные работы
			Королев М.Г.	Совместные работы
			Меркин М.М.	Совместные работы
			Харламов П.И.	Совместные работы
		Фомос-Материалы	Васильев В.Б.	Совместные работы
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Воробьев А.П.	Совместные работы
			Головкин В.П.	Совместные работы
			Головня С.Н.	Совместные работы
			Горохов С.А.	Совместные работы
			Киряков А.В.	Совместные работы
			Роньжин В.М.	Совместные работы
			Рядовиков В.Н.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	СПбГПУ	Горелкина Т.Д.	Совместные работы
	Черноголовка	ИФТТ РАН	Классен Н.В.	Совместные работы
Словакия	Банска-Бистрица, BC	UMB	Коломийцев Е.Э.	Совместные работы
США	Кембридж, MA	MIT	Калбов Дж.	Совместные работы

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:
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 по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**АЛПОМ-2**	**Пискунов Н.М.** *Заместители:* **Томази-Густафссон Е.** **Пунджаби В.** **Шиндин Р.А.**	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., 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:
Тестирование детекторов установки на пучке нуклонов, проведение первых измерений на пучках поляризованных нуклонов.

2. DSS **Ладыгин В.П.**

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., Терехин А.А., Тишевский А.В., 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 до 1800 МэВ. Продолжение анализа по многочастичным корреляциям в Xe+W взаимодействиях.

Модернизация поляриметра 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.**	2026-2027 Реализация

ЛФВЭ Аверьянов А.В., 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., Филатов Ю.Н., Фимушкин В.В., Шиндин Р.А.

ЛЯП Узиков Ю.Н.

ЛИТ Ужинский В.В.

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.

2. Подготовка проекта по изучению спиновых свойств странных барионов и мезонов в холодной плотной ядерной среде **Ладыгин В.П.** 2026-2027

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 Бажанов Н.А., 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.** — 2026-2027

Набор данных

ЛФВЭ Базылев С.Н., Волкова К.С., Дружинин А.А., Карнюшина Л.В. Кириллов Д.А., 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) — 2026-2027

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 энергетического поведения сечения, тензорной анализирующей способности и коэффициента передачи векторной поляризации от дейтрона к протону в дейтрон-протонном рассеянии назад при энергиях Нуклотрона.

Сотрудничество по теме 1097

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ	Барышевский В.Г. + 5 чел.	Совместные работы
Болгария	София	UCTM	Недев С.	Совместные работы
Великобритания	Глазго, GLG	U of G	Аннанд Дж.	Совместные работы
Россия	Белгород, BEL	БелГУ	Внуков И.Е. + 3 чел.	Совместные работы
	Долгопрудный	МФТИ	Филатов Ю.Н. + 4 чел.	Совместные работы
	Москва, MOW	НИЦ КИ	Антоненко В.Г.	Совместные работы
		ФИАН	Львов А.И. + 4 чел.	Совместные работы
			Таран Г.Г.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	НТЛ "Заряд"	Кондратенко А.М. + 1 чел.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Гуревич Г.М.	Совместные работы
			Сеничев Ю.В. + 5 чел.	Совместные работы
		ЛФМП ФИАН	Хайретдинов К.У. + 2 чел.	Совместные работы
Румыния	Бухарест, B	INCDIE ICPE-CA	Добрин И. + 4 чел.	Совместные работы
			Карачук Ю.-Т.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	IP SAS	Климан Я. + 3 чел.	Совместные работы
	Жилина, ZI	UNIZA	Янек М. + 2 чел.	Совместные работы
	Кошице, KI	IEP SAS	Пастирчак Б.	Совместные работы
		UPJS	Мартинска Г.	Совместные работы
			Мушински Я.	Совместные работы
			Урбан Й. + 1 чел.	Совместные работы
США	Аптон, NY	BNL	О`Бриен Э.	Совместные работы
	Вильямсбург, VA	W&M	Пердрисат Ч.Ф.	Соглашение
	Норфолк, VA	NSU	Пунджаби В.	Совместные работы
	Ньюпорт-Ньюс, VA	JLab	Джонс М.	Совместные работы
Франция	Жив-сюр-Иветт	Irfu	Дюран Ж.	Соглашение
			Томази-Густафссон Е.	Соглашение
	Орсе, IDF	IJCLab	Маршан Д.	Совместные работы
Швеция	Уппсала, C	TSL	Хойстад Б.	Совместные работы
			Экстрем Ю. + 3 чел.	Совместные работы
Япония	Вако	RIKEN	Уесака Т.	Совместные работы

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, Великобритания, 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) 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., Блеко Вер.В., Богословский Д.Н., Бутенко А.В., Бушмина Е.А., Клевцова Е.А., Кобец В.В., Коровкин Д.С., Кухарев В.А., Сафонов А.Б., 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., Ноздрин М.А., Федоров А.Н.

ЛИТ Кузьмина Е.К., Пашкова М.М., Семашко В.С., Семашко С.В., Трофимов Ю.В.

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.** **Клевцова Е.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., В.В., Коровкин Д.С., Кухарев В.А., Пухаева Н.Е., Рогачевский О.В., 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., Клевцова Е.А., Кухарев В.А., 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.

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 **Балдин А.А.** 2025-2027
Швецов В.Н.

Изготовление
Набор данных

ЛФВЭ Астахов В.И., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Бушмина Е.А., Блеко Вит.В., Блеко Вер.В., Клевцова Е.А., Коровкин Д.С., Кухарев В.А., 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.

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.

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.

Сотрудничество по теме 1150

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Аветисян А.	Соглашение
			Алоян Л.	Соглашение
			Аракелян В.	Соглашение
			Арутюнян Р.М.	Соглашение
			Балабекян А.	Соглашение
			Бархударян Р.	Соглашение
			Гагинян С.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Ховханисян В.	Соглашение
			Ховханисян Г.	Соглашение
		ИППФ НАН РА	Багдасарян Д.	Соглашение
			Григорян Л.	Соглашение
			Котанян В.	Соглашение
			Кочарян В.Р.	Соглашение
			Мкртчян А.Г.	Соглашение
			Мовсисян А.	Соглашение
			Сахарян А.	Соглашение
			Харутунян Х.	Соглашение
			Хачатрян Х.	Соглашение
			Шахвердян А.	Соглашение
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ	Анищенко С.	Соглашение
			Барышевский В.Г.	Соглашение
			Батраков К.Г.	Соглашение
			Бахданова А.	Соглашение
			Волынец Н.	Соглашение
			Гриневич А.В.	Соглашение
			Гурикович А.	Соглашение
			Демиденко М.	Соглашение
			Кулагова Т.А.	Соглашение
			Лобко А.	Соглашение
			Максименко С.А.	Соглашение
			Молчанов П.	Соглашение
			Паддубская А.	Соглашение
			Ровба А.	Соглашение
			Тихомиров В.В.	Соглашение
Великобритания	Эгам, SRY	Royal Holloway	Каратаев П.В.	Соглашение
			Федоров К.	Соглашение
Россия	Белгород, BEL	БелГУ	Кубанкин А.С.	Совместные работы
			Кубанкин Ю.С.	Соглашение
			Аржанов И.	Соглашение
			Гильц М.Э.	Соглашение
			Карловская Е.А.	Соглашение
			Киданов Е.Ю.	Соглашение
			Киданова Е.Ю.	Соглашение
			Кищин И.А.	Соглашение
			Кленин А.	Соглашение
		Эрэнди Вакуум	Кубанкин Ю.С.	Соглашение
			Фирсов Д.Г.	Соглашение
	Владикавказ, SE	Баспик	Кулов С.К.	Соглашение
			Самканашвили Д.Г.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Зеленова А.	Совместные работы
			Ким В.Т.	Соглашение
			Кузнецова Е.	Совместные работы
	Дубна, MOS	ИПИ "Омега"	Архипов Е.В.	Соглашение
			Лузанов В.А.	Соглашение
		ИФТП РОСАТОМ	Бабин В.И.	Соглашение
			Газизов И.М.	Соглашение
			Смирнов А.А.	Соглашение
		Орицикл	Архипов Е.В.	Совместные работы
			Гусев М.	Совместные работы
	Москва, MOW	Марафон	Бородулин А.В.	Соглашение
			Кровяков Ю.В.	Соглашение
			Рубанович И.А.	Соглашение
			Чепурнов А.С.	Соглашение
			Шамарин А.Ф.	Соглашение
		МИРЭА	Рыжков М.А.	Совместные работы
		ФИАН	Карпов М.А.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	СПбГПУ	Ким В.Т.	Совместные работы
	Саров, NIZ	ВНИИЭФ РОСАТОМ	Базаров Ю.Б.	Совместные работы
			Гордеев А.Ю.	Совместные работы
			Коротков М.С.	Совместные работы
			Стайцова Е.М.	Совместные работы
			Христенко А.А.	Совместные работы
	Томск, TOM	ТПУ	Булавская А.	Соглашение
			Вуколов А.	Соглашение
			Григорьева А.	Соглашение
			Потылицын А.П.	Соглашение
			Стучебров С.Г.	Соглашение
			Токтаганова М.	Соглашение
			Черепенников Ю.	Соглашение
			Шевелев М.	Соглашение
			Шкитов Д.	Соглашение
Чили	Сантьяго, RM	UNAB СТЕРР	Замора-Саа Д.	Совместные работы
			Кулешов С.В.	Совместные работы

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:
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.	02-2-1099-1-2009/2026
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.	02-2-1099-3-2015/2026

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**JUNO**	**Наумов Д.В.** *Заместители:* **Анфимов Н.В.** **Гончар М.О.**	Реализация

ЛЯП Антошкин А.И., Антошкина Т.А., Бессонов Н.С., Биктемерова С.В., Большакова А.Е., Горнушкин Ю.А., Громов В.О., Громов М.Б., Дмитриевский С.Г., Должиков Д.А., Жутиков И.Н., Завадский В., Кораблев Д.Е., Красноперов А.В., Кузнецова К.И., Ленский П.И., Наумова Е.А., Немченок И.Б., Ольшевский А.Г., Рыбников А.В., Селюнин А.С., Смирнов О.Ю., Соколов С.А., Сотников А.П., Федосеев Д.В., Чалышев В.В., 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.

ЛТФ Цегельник Н.С.

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:
Публикация статьи о характеристиках детектора JUNO. Публикация первых результатов измерения параметров осцилляций нейтрино в JUNO. Начало набора данных в детекторе TAO. Оценка чувствительности JUNO к упорядоченности масс нейтрино по атмосферным нейтрино.

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.

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., Терещенко В.В., Терещенко С.В., Федосеев Д.В., Хомутов Н.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. Поиск магнитных монополей в дальнем детекторе эксперимента NOvA. Подготовка публикаций по измерению параметров осцилляций нейтрино в экспериментах NOvA и T2K. Оценка сечения рождения очарованных частиц по данным пилотного сеанса эксперимента NA65/DsTau. Проведение методических исследований и разработка электроники считывания детекторов. Разработка новой программы реконструкции треков и поиска вершин.

3. TAIGA

Бородин А.Н.

Реализация

ЛЯП Безъязыков П.А., Блинов А.В., Гребенюк В.М., Гринюк А.А., Джакупов М.И., Караташ Х., Пан А., Пороховой С.Ю., Шайковский А.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 и подготовка к работе новых черенковских детекторов.

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., 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:
Формирование предложений по подсистеме детектора SND с использованием тайл-калориметрии, а также детектора UBT для прецизионного определения временной отметки событий. Методические исследования со строу-трубками для HSDS.

2.	**Эксперимент Borexino/DarkSide**	**Смирнов О.Ю.**	2024-2026
			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:
Публикация результатов анализа полного набора данных Borexino, в том числе по новой методике обработки данных. Ожидаемые физические результаты включают уточнение потоков солнечных нейтрино и ограничения на нестандартные свойства нейтрино. Публикация ограничений на время жизни аргона-36 по отношению к двухнейтринному двойному электронному захвату.

Сотрудничество по теме 1099

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Бельгия	Гент, VOV	UGENT	Добар Д.	Совместные работы
			Сковпень К.	Совместные работы
Великобритания	Лондон, LND	IMPERIAL	Голутвин А.И. + 2 чел.	Совместные работы
		QMUL	Кремонези Л. + 3 чел.	Совместные работы
		UCL	Никол Р. + 3 чел.	Совместные работы
Германия	Ахен, NRW	RWTH	Шталь А. + 5 чел.	Совместные работы
	Гамбург, HH	UHH	Хагген К. + 3 чел.	Совместные работы
Италия	Милан, MI	UNIMI	Рануччи Дж.	Совместные работы
	Неаполь, NA	Unina	Де Леллис Дж. + 2 чел.	Совместные работы
	Падуя, PD	INFN Padua	Гарфаньини А.+ 4 чел.	Совместные работы
	Салерно, SA	INFN Salerno	Бозза К. + 3 чел.	Совместные работы
Китай	Гуанчжоу, GD	SYSU	Ван В. + 10 чел.	Совместные работы
	Пекин, BJ	IHEP CAS	Ван И. + 10 чел.	Совместные работы
		Tsinghua	Су Б. + 5 чел.	Совместные работы
	Шанхай, SH	SJTU	Лю Ц. + 10 чел.	Совместные работы
Россия	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"	Немченок И.Б. + 2 чел.	Совместные работы
	Иркутск, IRK	ИГУ	Буднев Н.А. + 3 чел.	Совместные работы
	Москва, MOW	НИИЯФ МГУ	Чепурнов А.С. + 3 чел.	Совместные работы
		ФИАН	Полухина Н.Г. + 5 чел.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Буткевич А.В. + 1 чел.	Совместные работы
			Горбунов Д.С.	Совместные работы
			Демидов С.В.	Совместные работы
			Куденко Ю. + 10 чел.	Совместные работы
			Ткачев И.И.	Совместные работы
Румыния	Мэгуреле, IF	ISS	Фиру Е.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	CU	Шимковиц Ф. + 4 чел.	Совместные работы
США	Батавия, IL	Fermilab	Химмель А. + 3 чел.	Совместные работы
	Вильямсбург, VA	W&M	Вейль П.	Совместные работы
			Катания Э.	Совместные работы
	Дулут, MN	UMD	Хэбик А.	Совместные работы
	Миннеаполис	U of M	Стрейт М.	Совместные работы
	Мобил, AL	USA	Франк М.	Совместные работы
	Пасадена, CA	Caltech	Паттерсон Р. + 1 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Турция	Анкара	METU	Гуллер М. + 4 чел.	Совместные работы
Франция	Париж, IDF	LPTHE	Гиганти К. + 3 чел.	Совместные работы
	Страсбург, GES	IPHC	Дракос М. + 2 чел.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Бойд Дж. + 4 чел.	Совместные работы
			Ланни Ф.	Соглашение
			Реснати Ф.	Соглашение
Чехия	Прага, PR	CU	Вробел В. + 3 чел.	Совместные работы
			Лейтнер Р.	Совместные работы
Швейцария	Берн, BE	UNIBE	Арига А. + 3 чел.	Совместные работы
	Лозанна, VD	EPFL	Щуцкая Л. + 2 чел.	Совместные работы
Япония	Нагоя	Nagoya Univ.	Сато У.	Совместные работы
	Токай	JAEA	Мацубара Ц. + 5 чел.	Совместные работы
	Токио	Toho Univ.	Шибуя С. + 2 чел.	Совместные работы
	Фукуока	Kyushu U	Арига Т.	Совместные работы

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, Республика Корея, Малайзия, 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., Цверава Н., 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 (12 мкм, 5 мм) 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:
Завершение сборки, испытаний, калибровки, установки и испытаний космикой 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-физического запуска 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.

Участие в проектировании и сборке калориметра.

Участие в сборке CRV для Фазы-I.

Сотрудничество по теме 1144

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Австралия	Мельбурн, VIC	Monash	Нэш Дж. + 2 чел.	Совместные работы
Беларусь	Минск, MI	БГУ	Анищик В.М. + 5 чел.	Совместные работы
		ИФ НАНБ	Грабчиков А.С.	Совместные работы
			Орлович В.А.	Совместные работы
			Ходасевич И.	Совместные работы
			Шёлковый Д.В. + 3 чел.	Совместные работы
		НИИ ЯП БГУ	Лобко А.	Совместные работы
			Мисевич О.В.	Совместные работы
Великобритания	Лондон, LND	IMPERIAL	Кларк Д. + 4 чел.	Совместные работы
			Учида Й. + 6 чел.	Совместные работы
Германия	Дрезден, SN	TU Dresden	Зубер К. + 4 чел.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси, TB	GTU	Ломидзе Д. + 6 чел.	Совместные работы
		HEPI-TSU	Девидзе Г. + 4 чел.	Совместные работы
		UG	Гогилидзе С. + 2 чел.	Совместные работы
Индия	Мумбаи, MH	IIT Bombay	Сарин П. + 2 чел.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Здоровец М. + 3 чел.	Совместные работы
Китай	Пекин, BJ	IHEP CAS	Йе Ю. + 5 чел.	Совместные работы
Малайзия	Банги, SL	UKM	Юсуф И. + 2 чел.	Совместные работы
Республика Корея	Сеул	SKKU	Ли М. + 3 чел.	Совместные работы
Россия	Новосибирск, NVS	ИЯФ СО РАН	Григорьев Д. + 6 чел.	Совместные работы
		НГУ	Бондар А. + 6 чел.	Совместные работы
Франция	Париж, IDF	IN2P3	Капуста Ф. + 4 чел.	Совместные работы
Чехия	Прага, PR	CU	Фингер М. + 4 чел.	Совместные работы
Япония	Осака	UOsaka	Куно Й. + 14 чел.	Совместные работы
	Фукуока	Kyushu U	Тожо Дж. + 8 чел.	Совместные работы
	Цукуба	KEK	Михара С. + 18 чел.	Совместные работы

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, 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 "ТАНГРА") и двух научно-технических ("Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры» и «Разработка концепции источника ультрахолодных нейтронов на импульсном реакторе ИБР-2").

Работы по разработке методики радиографии на резонансных нейтронах планируется выделить в отдельную активность.

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.	03-4-1146-2-2022/2026
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**	**Статус**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**TANGRA** **Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций**	**Копач Ю.Н.**	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:
Создание базы данных по сечениям испускания гамма-квантов в реакциях, индуцированных быстрыми нейтронами.

Подготовка измерений дифференциальных сечений испускания нейтронов и γ-излучения в упругом и неупругом рассеянии нейтронов на ряде элементов в широком диапазоне энергий (от порога регистрации детекторов до 10-15 МэВ).

Теоретическое описание угловых корреляций (n,γ) и (n,n'γ) в реакциях с быстрыми нейтронами.

Разработка методики определения содержания углерода в почве с применением мобильной установки на основе метода меченых нейтронов. Определение пределов чувствительности к другим элементам.

2. Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры — **Дорошкевич А.С.**

Модернизация Набор данных Анализ результатов

ЛНФ Зайцев И.А., Зеленяк Т.Ю., Исаев Р.Ш., Копач Ю.Н., Лихачёв А.Н., Семенов В.Н., Студнев К.Е., Ткаченеко 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; обеспечение технической возможности для реализации уникальных опций микропучкового спектрометра.

Задачи проекта. Основной технической задачей Проекта является восстановление диапазона энергий ускоренных частиц: 900 кэВ - 4,1 МэВ и повышение тока ионного пучка до 100-250мкА при сохранении энергетической стабильности ионного пучка на уровне не хуже 500 эВ, обеспечение пространственной стабильности ионного пучка, достаточной для реализации опции микропучкового спектрометра / ядерного микрозонда.

Основной организационной задачей является закладка и развитие кадрового потенциала для обеспечения полноценного выполнения проекта 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 энергетической стабильности ионного пучка, достаточной для создания микропучкового спектрометра/ядерного микрозонда.

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 100мкА), что позволит проводить в ОИЯИ исследования реакций с быстрыми нейтронами, обеспечит технические условия для установки микропучкового спектрометра. К имеющемуся нейтронному генератору на основе газовой мишени будет добавлен нейтронный генератор на основе твердотельной литиевой мишени с замедлителем, модифицирована камера облучения образцов потоками ионов.

Будет создана новая специализированная лаборатория для подготовки объектов исследования, укомплектованная комплементарными методами исследования оптических и электронных свойств поверхности, как эллипсометрия, оптическая и электронная микроскопия, методиками 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. К имеющимся методам элементного анализа добавятся методы анализа на основе мгновенных гамма-квантов от неупругого рассеяния нейтронов и нейтронно-активационный анализ.

Модернизация ЭГ-5 в ОИЯИ, где имеются высококвалифицированные специалисты, хорошая детектирующая аппаратура и ценные наработки по исследованию атомных ядер нейтронами, 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, активационного анализа, проведение экспериментов в области нейтронного материаловедения и др.

Будут выполнены технические проекты материаловедческого характера для АО «Микрон», ГК «РОСАТОМ», комплекса NICA.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Работа на физический эксперимент со старым ионным источником и ускорительной трубкой.

Разработка системы управления новым источником ионов.

Разработка проекта автоматизации и контроля ускорителя.

Получение новой ускорительной трубки и ее монтаж вместе с новым источником ионов.

3.	**Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона**	**Швецов В.Н.** **Седышев П.В.**	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., Ергашов А., 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., Нгуен Т.Б. Ми, 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., Фан Л.Т., Федоров Н.А., Филиппова О.С., Франк А.И., Фронтасьева М.В., Фурман В.И., Храмко К., Чалигава О., Чупраков И., Шарапов Э.И., Швецова М.С., Энхболд С., Юшин Н.С., Фан Лыонг Туан, 60 инженеров, 2 рабочих

ЛФВЭ Сумбаев А. П., Еник Т.Л., 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 Vud CKM-матицы. 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.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Измерение угловых распределений γ-квантов в реакциях $^{35}Cl(n,\gamma)$ и $^{56}Fe(n,\gamma)$ на резонансных нейтронах установки ИРЕН и извлечение парциальных нейтронных ширин p-волновых резонансов.

Создание инструмента на 16-ти метровой пролетной базе 4-го канала установки ИРЕН и разработка методики определения параметров p-волновых нейтронных резонансов с применением комплексных измерений (радиационный захват, пропускание, самоиндикация).

Проведение методических работ 1-ом канале установки ИРЕН для подготовки экспериментов по измерению спектров заряженных часты на тяжёлых ядрах на пучке нейтронов CSNS Back-n (Китай).

Создание прототипа поляризатора нейронов на основе ^{3}He.

Измерение выходов, угловых и энергетических распределений частиц в четверном делении ^{252}Cf.

Измерение выходов, угловых и энергетических распределений частиц в тройном делении в индуцированном делении ^{239}Pu.

Изучение первичных гамма-переходов в ^{176}Lu и ^{177}Lu после захвата резонансных нейтронов в диапазоне 1-100 эВ, направленное на исследование структуры вращательных полос этого деформированного ядра и возможных эффектов смешивания K.

Проведение измерений реакции (n,α) на ядрах ^{19}F, ^{20}Ne, ^{50,52,53}Cr, ^{171}Yb на быстрых нейтронах с использованием твердых и газовых 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.

Выполнение элементного анализа различных объектов культурного наследия, решение актуальных задач искусствоведения, реставрации и археологии.

Оценка атмосферных выпадений тяжелых металлов в странах-участницах ОИЯИ с использованием пассивного и активного биомониторинга.

Разработка экологически чистых методов очистки сточных вод и почв.

Новые результаты по исследованию влияния наночастиц металлов и нейтронного излучения на живые организмы.

Подготовка эксперимента по измерению скорости нейтрона в веществе.

Измерение величины сдвига Гуса-Хэнхен в эксперименте по полному отражению нейтронной волны от резонансной структуры (при условии предоставления времени на современном нейтронном рефлектометре высокого разрешения).

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.

Реализация

ЛНФ Боднарчук В.И., Булавин М.В., Галушко А.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 совершено новых технических решений. В настоящее время определена принципиальная схема проектируемого источника. В качестве конвертора 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 магниторезонансной 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 магниторезонансной системы и криогенным конвертором на основе мецитилена, 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:
Разработка конструкции и выбор материалов головного участка канала с конвертором для прототипа источника.

Проектирование инженерной инфраструктуры источника на 3-канале, обеспечивающей возможность перемещения прототипа источника из рабочего в дежурное положение с закрытым шибером.

Начало работ по обоснованию безопасности, связанной с предполагаемым использованием криогенного жидководородного конвертора малого объема.

Проектирование научного оборудования для экспериментов с источником-прототипом.

Активность темы:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Нейтронная резонансная спектроскопия	**Балдин А.А.** **Швецов В.Н.**	2025-2026
		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., Шиманский С.С.

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.

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:
Подготовка канала 1а ИРЕН для тестирования детекторов нейтронов и гамма-квантов.

Проведение тестовых экспериментов с газовыми, сцинтилляционными и микроканальными детекторами нейтронов.

Определение параметров нейтронных резонансов.

Сотрудничество по теме 1146

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	БГУ	Гаджиева С.Р.	Совместные работы
		ИГГ	Гусейнов Д.А.	Совместные работы
		ИРП	Ахмедов Ф.И. + 3 чел.	Совместные работы
			Самедов О.А.	Совместные работы
Албания	Тирана, TR	UT	Лазо П. + 3 чел.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	НИЦИКН	Симонян А.Е.	Совместные работы
			Ханзатян Г.А.	Совместные работы
Бангладеш	Пабна, Ra	PUST	Дас П.К.	Соглашение
Беларусь	Гомель, HO	ИРБ НАНБ	Мищенко Е.В.	Соглашение
	Минск, MI	БГУ	Ксеневич В.К. + 3 чел.	Совместные работы
		ИОНХ НАНБ	Иванец А.И.	Совместные работы
		ИТМО НАНБ	Гринчук П.С.	Совместные работы
		ИЭБ НАНБ	Судник А.В.	Соглашение
		НИИ ФХП БГУ	Конаков А.О.	Соглашение
		НИИ ЯП БГУ	Максименко С.А.+ 2ч.	Совместные работы
		НПЦ НАНБ	Игнатенко О.В.+ 4ч.	Совместные работы
	Хойники, HO	ПГРЭЗ	Кудин М.В.	Соглашение
Болгария	Пловдив	PU	Балабанов Н. + 2 чел.	Совместные работы
			Маринова С. + 3 чел.	Совместные работы
		UFT	Ангелов А. + 5 чел.	Совместные работы
	София	IE BAS	Аврамов Л.	Совместные работы
		INRNE BAS	Русков И.	Совместные работы
			Тонев Д.В. + 3 чел.	Совместные работы
Бразилия	Итабуна, BA	UFSB	Жоана А.Г. да Луз	Соглашение
Венгрия	Будапешт	RKK OU	Мезарос-Балинт А.	Совместные работы
Вьетнам	Далат, LD	DNRI	Тран Туан Ан	Совместные работы
	Ханой, HN	IOP VAST	Ле Хонг Хием+ 2ч.	Совместные работы
		VNU	Фам Динг Кнанг+ 5ч.	Совместные работы
Германия	Майнц, RP	JGU	Рис Д.	Совместные работы
Грузия	Тбилиси, TB	AIP TSU	Джапаридзе Г. + 4 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Сапожникова Н.А.	Совместные работы
		TSU	Шетекаури Ш.+ 5ч.	Совместные работы
Египет	Александрия, ALX	AU	Бадави М.С. + 3 чел.	Совместные работы
	Гиза, GZ	CU	Шериф М.	Совместные работы
		NRC	Ибрагим М. + 3 чел.	Совместные работы
	Шибин-эль-Ком	MU	Эль Самман Х.+ 5ч.	Совместные работы
	Эль-Мансура, DK	MU	Саллах М. + 2 чел.	Совместные работы
Индия	Аиджал, MZ	MZU	Мутукумаран Б.+ 2 ч.	Совместные работы
	Варанаси, UP	BHU	Кумар А. + 3 чел.	Совместные работы
Италия	Рим, RM	ENEA	Карта М. + 2 чел.	Совместные работы
	Сиена, SI	UNISI	Лоппи Стефано	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Ленник С.Г.	Соглашение
			Назаров К.	Совместные работы
	Астана, AST	ЕНУ	Омарова Н. + 5 чел.	Совместные работы
	Кызылорда, KZY	КазНИИР	Дуйсембеков Б.А.	Совместные работы
		КУ	Апазов Н.	Совместные работы
Китай	Дунгуань, GD	CSNS	Лианг Тянчжао+ 10ч.	Соглашение
	Пекин, BJ	PKU	Чжан Гуахуэй	Соглашение
	Сиань, SN	NINT	Сюфен Вон	Совместные работы
		XJTU	Хуаси Ху	Совместные работы
Куба	Гавана	UH	Педреро Гонсалес Э.	Совместные работы
МАГАТЭ	Вена, AT	МАГАТЭ	Фесенко С.	Совместные работы
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM	Чавес Ломели Э.Р.	Совместные работы
	Морелия, MIC	UMSNH	Дасгупта-Шуберт Н.	Соглашение
Молдова	Кишинев, CU	ИМБ АНМ	Чепой Л.Е.	Соглашение
		ИХ	Чокырлан А.Г.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	GCRA	Балжинням Н.+ 2ч.	Совместные работы
		MUST	Нармандах Жарг.	Совместные работы
		NRC NUM	Хуухэнхуу Г. + 3 чел.	Совместные работы
Польша	Гданьск, PM	GUT	Бизюк М. + 4 чел.	Совместные работы
	Краков, MA	IFJ PAN	Юрковски Я. + 1 чел.	Совместные работы
	Лодзь, LD	UL	Анджеевски Ю.+ 3ч.	Совместные работы
	Люблин, LU	UMCS	Жук Е. + 3 чел.	Совместные работы
			Ясиньская Б. + 7 чел.	Совместные работы
	Ополе, OP	UO	Рафур М.	Совместные работы
	Отвоцк-Сверк, MZ	NCBJ	Мияновский С.+ 1ч.	Совместные работы
	Познань, WP	AMU	Блащак З. + 4 чел.	Совместные работы
			Навроцик В. + 4 чел.	Совместные работы
Республика Корея	Тэджон	KAERI	Чанг Д.	Совместные работы
Россия	Архангельск, ARK	САФУ	Есеев М.К.	Совместные работы
	Борок, YAR	ИБВВ РАН	Цельмович В.А.+ 2ч.	Совместные работы
	Владикавказ, SE	СОГУ	Лабриненко Ю.В.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Тваури И.В.	Совместные работы
	Воронеж, VOR	ВГУ	Вахтель В.М.	Совместные работы
			Любашевский Д.Е.+3ч	Совместные работы
		ВНИИЛГИСбиотех	Семенов М.А.	Совместные работы
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Воробьев А.С. + 3 чел.	Совместные работы
			Воронин В.В.+ 10ч.	Совместные работы
	Грозный, CE	ЧГПУ	Оказова З.П.	Совместные работы
	Долгопрудный	МФТИ	Рогачев А.В.	Совместные работы
	Донецк	ДонФТИ	Шалаев Р.В.	Соглашение
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"	Моржухина С.В.+ 5ч.	Совместные работы
			Сеннер А.Е. + 3 чел.	Совместные работы
		Диамант	Реунов П.П.	Соглашение
	Екатеринбург, SVE	ИЭРиЖ	Соколова Н.А.	Соглашение
		УрФУ	Кружалов А.В.+ 5ч.	Совместные работы
	Елыкаево, KEM	Сириус. Кузбасс	Носков М.А.	Соглашение
	Зеленоград, MOW	Ангстрем	Гаджиев А.А.	Соглашение
		Микрон	Шипигузов А.В.	Соглашение
	Иваново, IVA	ИГХТУ	Гриневич В.И.	Совместные работы
			Дунаев А.М.	Совместные работы
	Ижевск, UD	УдГУ	Бухарина И.Л.	Совместные работы
			Зубцовский Н.	Совместные работы
	Иркутск, IRK	ЛИН СО РАН	Ходжер Т.В.	Совместные работы
	Калининград	БФУ	Швец П.В.	Совместные работы
	Кемерово, KEM	КемГУ	Сущев Д.В.	Соглашение
	Москва, MOW	ВНИИА РОСАТОМ	Боголюбов Е.П.+ 1ч.	Совместные работы
		ВНИИКР	Соловьев А.А.	Совместные работы
		ГИИ	Царевская Т.Ю.	Соглашение
		ГИКМЗ "МК"	Захарова О.А.	Совместные работы
		ИА РАН	Вдовиченко М.В.	Соглашение
		ИКИ РАН	Литвак М.Л.	Соглашение
			Пеков А.Н.	Совместные работы
		ИМЕТ РАН	Анохин А.С.	Соглашение
		ИОФ РАН	Михайлова Г.Н.	Совместные работы
		ИТЭФ	Беда А.Г.	Совместные работы
			Данилян Г.В. + 3 чел.	Совместные работы
		ИФХЭ РАН	Сафонов А.С. + 3 чел.	Совместные работы
		МГУ	Бацевич В.А. + 2 чел.	Совместные работы
			Белохин В.С.	Совместные работы
			Бушуев В.А.	Совместные работы
			Краснушкин А.Б.+ 1ч.	Совместные работы
		МИСИС	Исаев Р.Ш.	Совместные работы
			Лагов П.Б.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		МНРХУ	Серегина Е.И.	Соглашение
		НИИЯФ МГУ	Третьякова Т.Ю.+ 2ч.	Соглашение
			Чувильский Ю.М.+1ч	Совместные работы
		НИЦ КИ	Барабанов А.Л.+ 2ч.	Совместные работы
		Почвенный инст.	Болотов А.Г.	Соглашение
		Сеченовский Ун-т	Каралкин П.Д.	Совместные работы
		СНИИП РОСАТОМ	Чебышов С.Б.	Соглашение
		ФИАН	Сошенко В.В.	Совместные работы
	Нижний Новгород	ИФМ РАН	Салащенко Н.Н.	Совместные работы
			Чхало Н.И. + 1 чел.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	ИФП СО РАН	Тимофеев В.А.	Совместные работы
	Обнинск, KLU	ФЭИ РОСАТОМ	Клинов Д.А.	Совместные работы
	Пермь, PER	ПГНИУ	Гатина Е.Л.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	Ботанический сад	Ткаченко К.Г. + 3 чел.	Совместные работы
		НИИФ СПбГУ	Бунаков В.Е. + 1 чел.	Совместные работы
		Радиевый инст.	Смирнов А.Н. + 1 чел.	Совместные работы
		СПбГЛТУ	Алексеев А.С.+ 10ч.	Совместные работы
		СПГУ	Василенко Т.А.	Совместные работы
		ФТИ Иоффе	Вуль А.Я. + 5 чел.	Совместные работы
	Севастополь	ИнБЮМ РАН	Мильчакова Н.А.+ 2ч.	Совместные работы
	Старая Ладога	СЛ Музей	Удалова Ю.В.	Соглашение
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Кузнецов В.Л.	Совместные работы
			Ткачев И.И.	Соглашение
	Тула, TUL	ТулГУ	Волкова Е.М.	Совместные работы
Румыния	Бая-Маре, MM	TUCN-NUCBM	Тодоран Р. + 3 чел.	Совместные работы
	Бухарест, B	IFIN-HH	Гита Д.	Совместные работы
			Дима О.	Совместные работы
			Михай О.	Совместные работы
			Сетнеску Р.	Совместные работы
		IGR	Дулиу О.	Совместные работы
		INCDIE ICPE-CA	Мирела М. + 5 чел.	Совместные работы
		UB	Груя И.	Совместные работы
			Дулиу О.	Совместные работы
			Жила А.	Совместные работы
			Лазану И.	Совместные работы
	Галац, GL	DJUG	Энэ А. + 3 чел.	Совместные работы
	Клуж-Напока, CJ	INCDTIM	Соран Н.Л.	Совместные работы
	Констанца, CT	UOC	Белк М. + 2 чел.	Совместные работы
	Мэгуреле, IF	ISS	Потлог П.М.	Совместные работы
	Орадя, BH	UO	Опреа А. + 3 чел.	Совместные работы
			Филип С.	Совместные работы
	Питешти, AG	ICN	Преда М.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Рымнику-Вылча	ICSI	Куруя М. + 3 чел.	Совместные работы
			Штефанеску И.	Совместные работы
	Сибиу, SB	ULBS	Бондреа И.	Совместные работы
	Тимишоара, TM	UVT	Штеф М. + 4 чел.	Совместные работы
	Тырговиште, DB	VUT	Бамвак М.	Совместные работы
			Бамкута И.	Совместные работы
			Радулеску К.	Совместные работы
			Сетнеску Т.	Совместные работы
			Стихи С. + 4 чел.	Совместные работы
	Яссы, IS	NIRDTP	Чирах Х.+ 2 чел.	Совместные работы
		UAIC	Хумелнику Д.	Совместные работы
Северная Македония	Скопье	UKiM	Стафилов Т. + 3 чел.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	IPB	Аничич М. + 5 чел.	Совместные работы
		UB	Попович Д.	Совместные работы
		VINCA	Йованович З. + 1 чел.	Совместные работы
	Нови-Сад, VO	UNS	Йованчевич Н.	Совместные работы
			Крмар М. + 3 чел.	Совместные работы
			Теофилович В.	Соглашение
Словакия	Братислава, BL	CU	Кучерка Н. + 5 чел.	Совместные работы
			Холи К.	Совместные работы
		IEE SAS	Гуран Е.	Совместные работы
Словения	Любляна	GeoSS	Шайн Р.	Совместные работы
США	Дарем, NC	Duke	Гоулд К. + 2 чел.	Совместные работы
			Торноу В.	Совместные работы
	Лос-Аламос, NM	LANSCE LANL	Систрем С. + 5 чел.	Совместные работы
	Ок-Ридж, TN	ORNL	Келер П.	Совместные работы
Таиланд	Хатъяй	PSU	Бонгсуван Т.	Совместные работы
Турция	Бандырма, IDF	BANU	Боз И.	Совместные работы
	Чанаккале, IDF	COMU	Кошкун М. + 3 чел.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз	Артемов С.В.	Совместные работы
			Курбанов Б.И.	Соглашение
		Физика-Солнце	Сулейманов С.Х.	Совместные работы
Финляндия	Оулу	UO MRU	Керонен А. + 3 чел.	Совместные работы
Франция	Гренобль, ARA	ILL	Йенчель М.	Совместные работы
			Несвижевский В.	Совместные работы
		LPSC	Протасов К.В. + 2 чел.	Совместные работы
	Жив-сюр-Иветт	LLB	Лерой С. + 2 чел.	Совместные работы
	Сен-Поль-Дюранс	CEA Cadarache	Соул Р. + 5 чел.	Совместные работы
Хорватия	Загреб	OIKON	Спирич З. + 5 чел.	Совместные работы
		RBI	Валкович + 2 чел.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Менгони А. + 12 чел.	Совместные работы
Чехия	Прага, PR	CTU	Штекл И. + 1 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Ржеж, ST	CVR	Патрик М.	Совместные работы
Швейцария	Филлиген, AG	PSI	Лаусс Б.	Совместные работы
			Шмидт-Веленбург Ф.	Совместные работы
ЮАР	Белвилл, WC	UWC	Петрик Л. + 5 чел.	Совместные работы
	Претория, GT	UNISA	Софианос С.	Совместные работы
	Стелленбос, WC	SU	Безюденот Ж. + 3 чел.	Совместные работы
			Ле Росс	Совместные работы
Япония	Киото	KSU	Кимура И. + 3 чел.	Совместные работы
	Цукуба	KEK	Масуда Я. + 5 чел.	Совместные работы

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	Руководители проекта	Статус
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
1. Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов	**Иткис М.Г.** **Карпов А.В.**	Реализация

ЛЯР Абакумов А.М., Абдуллин Ф.Ш., Астахов А.А., Абдусамадзода Д., Аксенов Н.В., Альбин Ю.В., Бодров А.Ю., Батчулуун Э., Богачев А.А., Божиков Г.А., Веденеев В.Ю., Воинов А.А., Воробьев И.В., Воронцов А.Н., Воронюк М.Г. Востокин Г.К., 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., 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., 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., 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., 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 первых экспериментов на сепараторе ГНС-2 Фабрики СТЭ по синтезу элемента 119.

Проведение тестовых экспериментов для синтеза элементов с Z>118.

Проведение экспериментов по изучению свойств радиоактивного распада (α-, β-распад, свойства спонтанного деления) короткоживущих изотопов с Z=102-106 на сепараторе SHELS с использованием детектирующих систем GABRIELA и SFiNX, а также изотопов 114 элемента и продуктов его распада на сепараторе GRAND (ГНС-3). Экспериментальное и теоретическое исследование химических свойств Cn и Fl на Фабрике СТЭ.

Развитие технологии изготовления мишеней и пучковых материалов для экспериментов по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов на Фабрике СТЭ.

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.

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., Май К.А., Мауей Б., Макаров Д.Е., 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., Скобелев Н.К., 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., 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 ВС-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 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, лежащих вблизи границ нуклонной стабильности.

Постановка экспериментов ^{6,8}He+^{4}He на установках АКУЛИНА-1,2.

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.

Развитие инфраструктуры фрагмент-сепаратора АКУЛИНА-2 (ВЧ-фильтр, система тритиевого обеспечения).

Сотрудничество по теме 1130

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Беларусь	Минск, MI	ИЭ НАНБ	Баев В.Г. + 1 чел.	Совместные работы
		ОЭЛТ НАНБ	Малютина-Бронская В.В.	Совместные работы
Бразилия	Нитерой, RJ	UFF	Лубиан Х.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой, HN	IOP VAST	Ли Хонг Хим + 1 чел.	Совместные работы
Германия	Дармштадт, HE	GSI Helmholtz	Першина В.	Совместные работы
			Шайденбергер К. + 3 чел.	Соглашение
Индия	Калькутта, WB	VECC	Тилак Гош Кумар + 3 чел.	Совместные работы
	Манипал, KA	MU	Гупта М. + 5 чел.	Совместные работы
	Рупнагар, PB	IIT Ropar	Пушпендра П. + 11 чел.	Совместные работы
	Рурки, UK	IIT Roorkee	Маити М. + 5 чел.	Совместные работы
	Шантиникетан, WB	Visva-Bharati	Чакраборти А.	Совместные работы
Италия	Неаполь, NA	Unina	Вардачи Э. + 4 чел.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Алимов Д.К. + 3 чел.	Соглашение
			Бутербаев Н. +3 чел.	Соглашение
			Жолдыбаев Т. + 3 чел.	Соглашение
	Астана, AST	ЕНУ	Кутербеков К.	Соглашение
		НУ	Наурузбаев Д.	Совместные работы
Китай	Ланьчжоу, GS	IMP CAS	Ган З. + 6 чел.	Совместные работы
			Чжун Л. + 4 чел.	Соглашение
			Чин Ж. + 1 чел.	Совместные работы
			Щинщинь Х.	Совместные работы
	Пекин, BJ	PKU	Фэншоу Ч. + 5 чел.	Совместные работы
			Янлинь Й. + 5 чел.	Совместные работы
		UCAS	Йонгбо Ю.	Совместные работы
Республика Корея	Тэджон	IBS	Парк Х.К. + 2 чел.	Совместные работы
			Хан К.И. + 3 чел.	Соглашение
Россия	Воронеж, VOR	ВГУ	Титова Л.А. + 4 чел.	Соглашение
	Димитровград, ULY	НИИАР РОСАТОМ	Тузов А.А. + 5 чел.	Совместные работы
	Москва, MOW	ИНЭОС РАН	Трифонов А.А.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		МГУ	Калмыков С.Н. + 3 чел.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Еременко Д.О. + 3 чел.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Алиев Р.А. + 1 чел.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	Радиевый инст.	Хлебников С.В. + 2 чел.	Совместные работы
		СПбГУ	Жеребчевский В.И.	Совместные работы
			Торилов С.Ю.	Совместные работы
			Шабаев В.М. + 3 чел.	Совместные работы
		ФТИ Иоффе	Еремин В.К. + 1 чел.	Совместные работы
	Саров, NIZ	ВНИИЭФ РОСАТОМ	Юхимчук А.А. + 4 чел.	Совместные работы
	Сосновый Бор, LEN	СПИИ "ВНИПИЭТ"	Несветайлов С.А. + 4 чел.	Соглашение
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Жуйков Б.Л. + 1 чел.	Соглашение
Франция	Орсе, IDF	IJCLab	Хошильд К. + 3 чел.	Совместные работы
	Страсбург, GES	IPHC	Галл Б. + 3 чел.	Совместные работы
ЮАР	Претория, GT	UNISA	Лекала М.Л. + 2 чел.	Соглашение
	Ричардс-Бей, NL	UNIZULU	Джили Т. + 2 чел.	Совместные работы
	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Малека П. + 2 чел.	Соглашение
	Тхохояндоу, LP	UNIVEN	Немангвеле П.	Совместные работы

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 типа 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	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.**	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., Нгуен Т.Н.А., 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 (СТВ) с использованием радиоактивных меток, а именно: 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 метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-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 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, 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 (как и 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, нейтроноактивационного 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 получения пластмассовых сцинтилляторов, пригодных для разделения n/γ-излучений по форме импульса, на основе полистирола с увеличенным содержанием первичной сцинтилляционной добавки;

– 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 радионуклидными источниками;

– планируется тестирование разработанного ^{3}He-счетчика с низким собственным фоном в условиях подземной лаборатории БНО;

– будут продолжены разработки технологий изготовления и применения деталей из низкоактивных радиоактивных пластмасс с использованием 3D-печати.

Будут предложены схемы спектрометров пострараспадных фотонов (от края инфракрасного излучения до мягкого рентгеновского) в области энергий 1–200 эВ. Будет проведено тестирование построенного прототипа с радионуклидными источниками 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 на ядрах ^{165}Ho и ^{181}Ta, уточнены типы распада ряда радионуклидов, их содержания в образцах для изучения редких процессов.

Планируется модернизировать спектрометры ВУК 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 составов материалов и образцов, используемых в радиохимических, астрофизических и нейтринных экспериментах, с использованием масс-спектрометра (МС-ИСП).

Будет создана новая базовая установка ЛЯП ОИЯИ – Спектрометрический кластер. Он будет введен в эксплуатацию в базовой конфигурации (7 спектрометров на основе сверхчистого германия, один сцинтилляционный детектор и 1 ВУК-спектрометр).

2. Исследование реакторных нейтрино на короткой базе DANSS, Ricochet, νGeN

Житников И.В.
Заместители:
Лубашевский А.В.
Розов С.В.
Ширченко М.В.

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:
Проект объединяет эксперименты DANSS, Ricochet и νGeN, которые исследуют антинейтрино от ядерных реакторов на расстояниях менее 20 метров. Работы в экспериментах объединены общей сферой исследований, во многом пересекающимися и совпадающими научными проблемами и способами их решений. Помимо этого, указанные исследования объединены общим научным персоналом и инфраструктурными ресурсами ОИЯИ.

DANSS – это нейтринный спектрометр на основе пластмассовых сцинтилляторов с чувствительным объемом 1 м^3, который расположен на четвертом энергоблоке Калининской АЭС. Подъемный механизм позволяет в режиме онлайн перемещать спектрометр на 2 метра по вертикали, обеспечивая диапазон измерений 11–13 м от реактора. Высокая степень сегментации детектора, использование комбинированной активной и пассивной защит обеспечивают подавление фона до нескольких процентов относительно регистрируемых ~5000 нейтриноподобных соб./сут.

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. До конца 2024 года планировалось разместить установку 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 эксперимента DANSS являются проверка гипотезы осцилляций реакторных антинейтрино в стерильное состояние и долгосрочный прецизионный мониторинг работы ядерного реактора с помощью измерения

потока антинейтрино. В течение ближайших нескольких лет планируется создание усовершенствованной установки DANSS-2. В результате модификации планируется улучшить энергетическое разрешение и увеличить объем детектора, что позволит повысить чувствительность эксперимента к стерильным нейтрино. Поиск осцилляций в легкое($\Delta m_{14}^2 \sim 0{,}1–10$ эВ) стерильное нейтрино является одним из актуальных 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 улучшить чувствительность к обнаружению магнитного момента электронного (анти)нейтрино до уровня $\sim 1 \times 10^{-11}$ mB, что позволит значительно улучшить существующее сегодня ограничение.

В эксперименте Ricochet, согласно разработанной и экспериментально проверенной модели фона, статистическая значимость регистрации УКРН составит от 7,5 до 13,6 σ после одного реакторного цикла в зависимости от эффективности мюонного вето. Через 10 реакторных циклов (3–5 лет измерений) ожидается 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 — Обработка данных полной статистики измерений эксперимента DANSS. Ожидается проведение подготовки к физическому запуску измерений с детектором DANSS-II на Калининской АЭС. Планируется получение результатов по восстановлению реакторных антинейтринных спектров по данным измерений DANSS, а также исследованию спектров реакторных антинейтрино высоких энергий.

νGeN — Планируется продолжить набор данных для увеличения статистики. Кроме этого, намечено произвести модернизацию экспериментальной установки, в частности установить новое, уже протестированное внутреннее вето, модернизировать пассивную и активную защиту установки и начать использование новой системы набора данных с помощью анализа сигналов по форме импульса. Будут продолжены работы по анализу данных и моделированию. Ожидается получение новых результатов по исследованию фонов, магнитному моменту нейтрино, УКРН и других явлений.

Ricochet — В июле 2025 года — после завершения монтажа установки и ввода ее в эксплуатацию — был начат первый сеанс при полной рабочей нагрузке (18 детекторов: 7 планарных детекторов и 11 FID). Набор данных продолжается. Первые физические результаты ожидаются в 2026 году. Работы по усовершенствованию детекторов будут продолжены. На основе экспериментальных данных планируется создание улучшенной модели Монте-Карло.

3. Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений LEGEND, TGV, SuperNEMO, MONUMENT, Zr-BNO, Se-LSM

Зинатулина Д.Р.
Заместители:
Гусев К.Н.
Пономарев Д.В.
Розов С.В.

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., 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 шесть основных экспериментов: LEGEND (Large Enriched Germanium Experiment for Neutrinoless double beta Decay), TGV (Telescope Germanium Vertical), 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 2νββ и

безнейтринного 0νββ) 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 (0νββ). 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 с 1 тонной обогащенного германия. Низкий уровень фона, высокое энергетическое разрешение и эффективная дискриминация по топологии событий обеспечат возможность однозначного обнаружения 0νββ-распада при $T_{1/2} = 10^{28}$ лет.

Программа демонстрационного модуля SuperNEMO включает прецизионные измерения двухнейтринного двойного бета-распада (2νββ) и направлена на достижение наилучших ограничений на 0νββ для изотопа ^{82}Se.

Целью эксперимента MONUMENT является проведение измерений мюонного захвата на нескольких дочерних — по отношению к кандидатам на 0νββ-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 на низкофоновом спектрометре OBELIX в подземной лаборатории LSM в Модане с использованием образца обогащенного селена весом 6,5 кг.

Спектрометр TGV будет использоваться для дальнейших исследований ECEC-распада ^{106}Cd и ^{130}Ba. Согласно оценкам и теоретическим предсказаниям для этих редких процессов мы надеемся впервые зарегистрировать оба этих распада в прямом эксперименте.

Будет создан и испытан мюонный детектор DSTAR, состоящий из 64 сцинтилляционных модулей, с единой системой временной 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. В первую очередь будет проведено измерение мюонных потоков на разных глубинах озера Байкал, а также подземные измерения в Баксанской нейтринной обсерватории. Будет проводиться мониторинг мюонного фона на Калининской АЭС, а также исследование атмосферных мюонов в северных широтах (по согласованию с Росатомфлотом).

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Будут продолжены работы по оптимизации установки LEGEND-200 в подземной лаборатории Гран-Сассо, включая добавление вновь изготовленных детекторов из обогащённого ^{76}Ge и перезапуск набора данных. Параллельно будет выполнен НИОКР по разработке аппаратных компонентов для LEGEND-1000, таких как держатели детекторов, интегральные схемы (ASIC), система погружения детекторов, аргоновое вето. Будут произведены и протестированы новые германиевые детекторы, подготовлено начало монтажа установки LEGEND-1000.

Набор калибровочных данных на спектрометре Демонстратор SuperNEMO. Набор данных по 0νββ- и 2νββ-распадам в ядре ^{82}Se.

Продолжение работ по проекту MONUMENT. Подготовка и проведение экспериментальной кампании в PSI, включающей НИОКР в ОИЯИ (приобретение стриповых кремниевых детекторов и электроники, проведение калибровок, моделирование). Сбор, обработка и анализ накопленных данных. Измерения мюонного захвата с твердыми мишенями ^{12,13}C (исследование легких ядер с точки зрения проверки теоретических моделей, применимых для двойного бета-распада). НИОКР по применению мюонного захвата в других смежных с физикой областях, таких как радиобиология и мезохимия.

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.

Se-LSM — Результаты измерений обогащенного образца ^{82}Se на низкофоновой установке OBELIX в подземной лаборатории LSM в Модане.

Сборка и испытания детектора DSTAR в базовой конфигурации (64 модуля); начало набора данных; проведение измерений мюонных потоков на разных глубинах озера Байкал.

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., 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:
Создание, ввод в эксплуатацию и тестирование созданной в ОИЯИ криогенной системы на основе сухого криостата растворения ^{3}He–^{4}He.

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 \(\pi^{\pm4}\)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 таких кинематических параметров \(\pi^{\pm4}\)He -взаимодействия, как импульсов и углов вылета вторичных частиц и инвариантных масс двух и трёх частиц. В частности, будут уточнены вероятности различных каналов \(\pi^{\pm4}\)He-взаимодействия.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
В 2026 году будет проведена обработка уже измеренных снимков событий \(\pi^{\pm4}\)He-взаимодействия с учётом нового подхода к идентификации вторичных заряженных частиц, а также налажено и начато измерение необработанных экспериментальных данных (примерно половина наличной статистики).

Сотрудничество по теме 1100

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	ИРП	Мустафаев И.И. + 1 чел.	Совместные работы
Бельгия	Лёвен, VBR	KU Leuven	Коколиус Т. + 1 чел.	Совместные работы
Болгария	Пловдив	PU	Маринов А. + 1 чел.	Совместные работы
	София	INRNE BAS	Костов Л. + 3 чел.	Совместные работы
Великобритания	Лондон, LND	IMPERIAL	Франкини П. + 1 чел.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой, HN	IOP VAST	Ле Хонг Кхием + 4 чел.	Совместные работы
Германия	Гейдельберг, BW	MPIK	Швингенхойер Б. + 2 чел.	Совместные работы
	Мюнхен, BY	TUM	Шонерт С. + 7 чел.	Совместные работы
	Тюбинген, BW	Ун-т	Йохум Й. + 2 чел.	Совместные работы
Италия	Ассерджи, AQ	INFN LNGS	Лаубенштайн М. + 2 чел.	Совместные работы
	Турин, TO	INFN Turin	Галанте Л. + 1 чел.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Сахиев С.К. + 5 чел.	Совместные работы
Россия	Воронеж, VOR	ВГУ	Вахтель В.М. + 4 чел.	Совместные работы
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Серебров А.П. + 5 чел.	Совместные работы
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"	Немченок И.Б. + 2 чел.	Совместные работы
	Москва, MOW	ИТЭФ	Алексеев И.Г.+ 8ч.	Совместные работы
			Барабаш А.В. + 2 чел.	Совместные работы
		МГУ	Студеникин А.И. + 5 чел.	Совместные работы
		МИФИ	Гуров Ю.Б. + 5 чел.	Совместные работы
		ФИАН	Данилов М.В. + 2 чел.	Совместные работы
	Нейтрино, KB	БНО ИЯИ РАН	Гангапшев А.М.	Совместные работы
			Казалов В.В. + 5 чел.	Совместные работы
	Нижний Новгород	ИФМ РАН	Мельников А.С. + 2 чел.	Совместные работы
		НГТУ	Панкратов А.Л. + 6 чел.	Совместные работы
	Саров, NIZ	ВНИИЭФ РОСАТОМ	Юхимчук А.А. + 10 чел.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	CU	Шимковиц Ф. + 4 чел.	Совместные работы
США	Айдахо-Фоллс, ID	INEEL	Кэффри Дж. + 2 чел.	Совместные работы
	Амхерст, MA	UMass	Пинкни Х.Д. + 4 чел.	Совместные работы
	Кембридж, MA	MIT	Формаджо Дж.А. + 10 чел.	Совместные работы
	Остин, TX	UT	Цезарь Дж. + 3 чел.	Совместные работы
	Таскалуса, AL	UA	Островский И. + 2 чел.	Совместные работы
	Чапел-Хилл, NC	UNC	Вилкерсон Дж. + 3 чел.	Совместные работы
	Эванстон, IL	NU	Фигероа-Феличиано Э. + 4 чел.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз	Садыков И.И. + 6 чел.	Совместные работы
Франция	Бордо, NAQ	LP2i	Пикемаль Ф. + 5 чел.	Совместные работы
	Гренобль, ARA	CNRS	Ламблин Дж. + 19 чел.	Совместные работы
		ILL	Солднер Т. + 12 чел.	Совместные работы
	Лион, ARA	UL	Биллард Дж. + 20 чел.	Совместные работы
	Модан, ARA	LSM LPSC	Варот Г. + 3 чел.	Совместные работы
	Орсе, IDF	IJCLab	Марниерос С. + 18 чел.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Саразин Х. + 10 чел.	Совместные работы
Чехия	Прага, PR	CTU	Штекл И. + 8 чел.	Совместные работы
		CU	Воробель В. + 1 чел.	Соглашение
Швейцария	Филлиген, AG	PSI	Кнехт А. + 2 чел.	Совместные работы
	Цюрих, ZH	UZH	Баудис Л. + 2 чел.	Совместные работы
Япония	Осака	UOsaka	Номачи М.	Совместные работы
	Цуруга	WERC	Сузуки К.	Совместные работы

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.

ЛФВЭ Вартик В.

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, температуры 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:
Исследование взаимодействия 2D-материалов с пептидами: подход к ингибированию агрегации бета амилоида–42.

Фотоиндуцированная модуляция иммунного ответа: новый подход по уменьшению вредного последствия чрезмерного формирования внеклеточных ловушек нейтрофилов.

Исследование температурной зависимости ГКР-активности 3D-подложки на основе сплава наночастиц G/CuAg.

Низкочастотная рамановская спектроскопия в материаловедении и науках о жизни – отработка методики на отдельных образцах.

Сотрудничество по теме 1147

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Аветисян Г.К.	Соглашение
			Лалаян А.А.	Соглашение
Беларусь	Минск, MI	БГУИР	Бондаренко А.В.	Совместные работы
			Бурко А.А.	Совместные работы
		ИБиКИ	Шамова Е.В.	Соглашение
		СОЛ инструментс	Копачевский В.Дж.	Совместные работы
			Шашков С.Н.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой, HN	IMS VAST	Лам Жанг	Соглашение
		IOP VAST	Транг Д.	Обмен визитами
Египет	Эль-Минья, MN	MU	Абдельджавааt Х.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Назаров К.	Совместные работы
Россия	Москва, MOW	МГУ	Воробьева Н.В.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	ПСПбГМУ	Моисеев А.А.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	UB	Йевремович А.	Совместные работы
Узбекистан	Джизак, JI	ДФНУУ	Уралов А.И.	Соглашение

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	Руководители проекта	Статус
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
1. Молекулярные, генетические и организменные эффекты действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками	**Борейко А.В.** **Лобачевский П.Н.**	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., 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., 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., Фролова А.В., 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 нормальных и опухолевых клетках (фибробласты человека, клетки глиобластомы U87, клетки мышиной меланомы B16, клетки асцитной карциномы Эрлиха, клетки поджелудочной железы BxPC-3/PANC-1) и нейронах различных отделов центральной нервной системы 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.

Завершить анализ хромосомных аберраций, индуцированных в лимфоцитах периферической крови обезьян (Macaca mulatta), методом mFISH после воздействия ускоренных ионов углерода.

Продолжить исследование методом mFISH кариотипов и генетической стабильности нормальных и опухолевых линий клеток человека, используемых в ЛРБ, в зависимости от их происхождения и длительности культивирования.

Продолжить исследование методом mFISH 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 поведенческих реакций, когнитивных функций и электрической активности коры головного мозга и их корреляцию с патоморфологическими изменениями в тканях ЦНС при тотальном и локальном облучении крыс ионизирующими излучениями с разными физическими характеристиками.

Провести оценку фармакокинетики АраЦ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в опухолевом очаге мелких лабораторных животных с целью оптимизации использования радиомодификатора для симуляции лучевой терапии.

Провести исследования радиозащитного действия соединений естественного и синтетического происхождения на основе новых методик с использованием моделей нормальных тканей мелких лабораторных животных.

Провести 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.

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.

Исследовать влияние концентрации перехватчиков радиационно-индуцированных радикалов на выход повреждений ДНК при действии рентгеновского облучения с использованием плазмидной модели.

Провести анализ морфологических, физиологических и генетических изменений микроорганизмов, подвергнутых влиянию факторов орбитального полета на биоспутнике БИОН-М №2.

2. Радиационно-биофизические и астробиологические исследования

Падрон Диас И.
Розанов А.Ю.

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., Тудэвдорж Т., Устинов Н.В., Чижов А.В..

ЛЯР Камински 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 математической модели влияния ионизирующего излучения в сочетании с радиосенсибилизаторами на рост перевиваемых опухолей у лабораторных мышей.

Продолжить разработку математических моделей выживаемости и динамики популяций нейрональных и опухолевых стволовых 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.

Исследовать методами молекулярной динамики взаимодействие молекул перспективных радиомодификаторов со структурами клетки, такими как ДНК, мембраны и белки-мишени.

Исследовать относительный вклад локального и распределенного механизмов распада ДНК-ассоциированного радионуклида — излучателя Оже-электронов в индукцию повреждений ДНК.

Подготовить разрешительную документацию и обеспечить ввод в эксплуатацию рентгеновской установки XCELL 320 компании KUBTEC.

Обеспечить проведение плановых и сервисных работ по техническому обслуживанию установки SARRP.

Продолжить разработку программных комплексов для совершенствования расчетных методов определения физических характеристик поля излучения и прецизионной дозиметрии для действующих рентгеновских установок.

Продолжить работы по совершенствованию методик компьютерной томографии мелких лабораторных животных на установке SARRP.

Ввести в эксплуатацию установку ГЕНОМ-3 и обеспечить проведение радиобиологических экспериментов на пучках циклотрона U-400M.

Провести моделирование радиационных полей при работе станций для прикладных исследований (ИСКРА, СИМБО) в Измерительном павильоне комплекса NICA и ускорителя MSC-230.

Принять участие в работах по исследованию радиационных полей в процессе пуско-наладочных и штатных работ установки ИРЕН с использованием метода сфер Боннера и продолжить работы по расчетам и созданию модели нового нейтронного дозиметра на основе гелиевого и борного счетчиков широкого диапазона энергий.

Провести исследование процессов фоссилизации микроорганизмов и морфологическое описание обнаруженных в метеоритах микрофоссильных остатков.

Провести эксперименты по синтезу пребиотических соединений из формамида при облучении с веществом земных минералов и метеоритов ускоренными заряженными частицами.

Проанализировать результаты эксперимента по синтезу пребиотических соединений в космических условиях, проведенного в рамках программы БИОН-М №2.

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.**	2024-2026 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	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	Хазар Ун-т	Даваран Судабе	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Арутюнян Р.М.	Совместные работы
		ННЛА	Арутюнян В.	Совместные работы
		РАУ	Мамасахлисов Е.	Совместные работы
Беларусь	Гомель, HO	ИРБ НАНБ	Чуешова Н.В.	Соглашение
	Минск, MI	ИБиКИ	Антоневич Н.Г.	Соглашение
		Ин-т физиологии НАНБ	Кульчицкий В.А.	Соглашение
		НИИ ЯП БГУ	Кулагова Т.А.	Соглашение
		НПЦ НАНБ	Хасанов О.Х.	Соглашение
Болгария	София	IE BAS	Аврамов Л.	Совместные работы
		IMech BAS	Витанов Н.К.	Совместные работы
		Inst. Microbiology	Данова С.	Соглашение
		NCRRP	Христова Р.	Соглашение
Вьетнам	Ханой, HN	INPC VAST	Ву Тхи Ха	Совместные работы
		ITT VAST	Чан Дай Лам	Совместные работы
		VINATOM	Ли Тхи Май Хьенг	Совместные работы
Египет	Мадинат-эс-Садат, BH	USC	Эль-Наа Мона	Совместные работы
Италия	Витербо, VT	UNITUS	Саладино Р.	Совместные работы
Куба	Гавана	CEA	Родригес У.	Совместные работы
		CNEURO	Касерес Э.	Соглашение
		CPHR	Салас Г.	Совместные работы
		UH	Ланио М.	Совместные работы
			Монтеро-Кобреро Л.	Совместные работы
			Сантана Ж.	Совместные работы
	Сан-Хосе-де-лас-Лахас	CENTIS	Монтана Р.	Соглашение
Монголия	Улан-Батор	NUM	Лхагва О. + 2 чел.	Совместные работы
Россия	Борок, YAR	ГО "Борок" ИФЗ РАН	Цельмович В.А.	Совместные работы
	Владивосток, PRI	ДВФУ	Ширмовский С.Э.	Совместные работы
		ТИБОХ	Кусайкин М.И.	Соглашение
	Казань, TA	ФИЦ КазНЦ РАН	Калачев А.А. + 3 чел.	Соглашение
	Москва, MOW	ГАИШ МГУ	Бусарев В.В.	Совместные работы
		ИБМХ	Лисица А.В.	Соглашение
		ИВНД и НФ РАН	Павлова Г.В.	Совместные работы
		ИГЕМ РАН	Шарков Е.В.	Совместные работы
		ИКИ РАН	Митрофанов И.Г. + 5 чел.	Совместные работы
		ИМБП РАН	Штемберг А.С.	Совместные работы
			Ильин В.К.	Соглашение
		МГУ	Латанов А.В.	Совместные работы
			Черняев А.П.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Москалева Е.Ю.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		ПИН РАН	Жегалло Е.А.	Совместные работы
		ФМБЦ ФМБА	Кодина Г.Е.	Соглашение
			Осипов А.Н.	Совместные работы
		ФЦМН ФМБА	Белоусов В.В.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	ИК СО РАН	Снытников В.Н.	Совместные работы
	Обнинск, KLU	МРНЦ НМИЦР	Замулаева И.А.	Соглашение
			Хвостунов И.К.	Соглашение
	Пущино, MOS	ИФХиБПП РАН	Ривкина Е.М.	Совместные работы
	Сочи, KDA	НИИ МП	Клоц И.Н.	Совместные работы
	Троицк, MOW	ИСАН	Наумов А.В.	Совместные работы
	Челябинск, CHE	ЮУрГУ	Соколинский Л.Б.	Соглашение
Сербия	Белград, BG	IBISS	Попов А.	Совместные работы
		IORS	Станойкович Т.	Соглашение
		UB	Деспотович С.	Совместные работы
		VINCA	Аджич П. + 9 чел.	Совместные работы
	Крагуевац, KG	UniKg	Маркович З.	Совместные работы
Словакия	Братислава, BL	CU	Балентова С.	Совместные работы
Узбекистан	Паркент, TO	ИМ Физика-Солнце	Раззоков Дж.	Совместные работы
	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз	Кулабдуллаев Г.А. + 3 чел.	Совместные работы
ЮАР	Белвилл, WC	UWC	Фишер Ф.	Совместные работы
	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Фишер Р.	Совместные работы

05-2-1132-2017

Исследование молекулярно-генетических механизмов адаптаций экстремофильных организмов

Руководитель темы: Кравченко Е.В.

Участвующие страны и международные организации:
Египет, Молдова, 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., Рзянина А.В., Тарасов К.А., Яхненко А.С.

ЛНФ Иваньков А.И., Муругова Т.Н.

НХП ЦПФ (ЛЯР) Андреев Е.В., Апель П.Ю., 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 проекту в текущем году:
Разработка эффективной методики выделения экзосом мезенхимальных стволовых клеток человека и загрузки их наночастицами золота. Исследование характеристик и эффективности загрузки полученных экзосом с помошью методов малоуглового рассеяния и проведение оценки влияния полученных экзосом на гибель облученных раковых клеток. Анализ ультраструктуры клеток, обработанных загруженными наночастицами экзосомами.

Синтез и очистка гибридных молекул Dsup-противоопухолевый препарат.

Оценка эффективности доставки контрольного белка Dsup в культуру нормальных клеток человека с помошью экзосом и оценка изменения радиорезистентности клеток.

Сотрудничество по теме 1132

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Египет	Асуан, ASN	ASWU	Хайри Нади	Совместные работы
	Нью-Борг-эль-Араб, ALX	GEBRI	Ельноамани Ф.	Совместные работы
Молдова	Кишинев, CU	ИМБ АНМ	Чепой Л.Е.	Совместные работы
Россия	Москва, MOW	МГУ	Ширшин Е.А.	Совместные работы
		НМИЦ РК	Еремин П.С.	Совместные работы
			Марков П.А.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	НИИКЭЛ	Таскаева Ю.С.	Совместные работы
США	Тампа, FL	USF	Уверский В.Н.	Совместные работы

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:
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, 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 др.), 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 неодномерных 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, квантовых вычислений в квантовой химии и физике.

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.	06-6-1119-1-2024/2026
2.	Методы вычислительной физики для исследования сложных систем	Земляная Е.В. Чулуунбаатар О. *Заместители:* Калиновский Ю.Л. Хведелидзе А.	06-6-1119-2-2024/2026

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
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.**	Реализация

ЛИТ Акишин П.Г., Акишина Е.П., Александров Е.И., Александров И.Н., Аникина А.И., Анисёнков А.В., Аушев Т.А., Баранов Д.А., Бежанян Т.Ж., Буша Я., Гнатич С., Грень Н.В., Григорян О.А., Дереновская О.Ю., Дидоренко А.В., Дикусар Н.Д., Злоказов В.Б., Зуев М.И., Иванов В.В., Казаков А.А., Кирьянов А.К., Кодолова О.Л., Конак А.С., Корсаков Ю.В., Коршунова П.А., Костенко Б.Ф., Минеев М.А., Монаков Н.Г., Мусульманбеков Ж.Ж., Нечаевский А.В., Никитенко А.Н., Никонов Э.Г., Олейник Д.А., 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., Решетников А.Г., Романычев Л.Р., Рябов А.Р., Сатышев И., Седельников А.С., Слепнев С.К., Слижевский К.В., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Стрельцова О.И., Толочко Е.Н., Тухлиев З.К., Ульянов С.В., Ужинский А.В., Ужинский В.В., Хабаев З.К., Чадеева М.В., Чижов К.А., Чистов Р.Н., Шадмехри С.А., Шарипов З.А., Яковлев А.В.

ЛФВЭ Алексахин В.Ю., Апарин А.А., Беспалов Ю.В., Бровко О.И., Будковский Д.В., Бычков А.В., Габдрахманов И.Р., Галоян А.С., Герценбергер К.В., Головатюк В.М., Дряблов Д.К., Жижин И.А., Земляничкина Е.В., Зинченко А.И., Зинченко Д.А., Капишин М.Н., Каржавин В.Ю., Коробицин А.А., Крылов А.В., Ланёв А.В., Ленивенко В.В., Лобастов С.П., Мерц С.П., Мошкин А.А., Мурин Ю.А., Никифоров Д.Н., Пацюк М.А., Рогачевский О.В., Рябов В.Г., Тараненко А.В., Шалаев В.В., Шульга С.Г.

ЛТФ Зыкунов В.А., Казаков Д.И., Савина М.В., Теряев О.В., Тонеев В.Д.

ЛНФ Балашою М., 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., Датта А., Денисенко И.И., Дик В., Елжов Т.В., Жемчугов А.С., Звездов Д.Ю., Крылов В.А., Курбатов В.С., Наумов Д.В., Пан А.Е., Прокошин Ф.В., Симбирятин Л.Л., 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., Баскаков А.В., Бузыкаев А.Р., Буланова С.А., Булеков О.В., Бурмасов Н.А., Быковский М.А., Доронин С.А., Дубинин Ф.А., Дуров А.И., Ермак Д.В., Жалов М.Б., Завидов Е.Н., Захаров А.М., Зеленов А.В., Иванищев Д.А., Карпова Ю.Д., Ким В.Т., Коваленко В., Кондратьев М.А., Кузнецова Е.В., Курова А.С., Лазарева А.В., Левков А.А., Макаренко В.В., Малаев М.В., Малеев В.П., Мокоена Т.Э., Мосолов В.А., Морозихин А.Н., Некрасов П.В., Нигматкулов Г.А., Петров Г.Е., Поваров А.С., Рябов Ю.Г., Смирнов С.Ю., Солдатов Е.Ю., Соснов Д.Е., Тертышная К.А., Тетерин П.Е., Федин О.Л., Шарикова Д.Р.

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 перспективных мегасайенс проектов (CEPC, JUNO, Супер чарм-тау фабрика, СКИФ 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 (FTF, QGSM, DCM-QGSM-SMM и др.), и процессов за рамками Стандартной модели, таких как рождения частиц-кандидатов на роль темной материи, дополнительных хиггсовских бозонов и процессов, идущих с нарушением лептонного числа и пр. (QBH, Pythia, MadGraph и др.) для условий LHC при номинальной энергии и полной интегральной светимости до 450 фбн$^{-1}$.

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 систем обработки и анализа данных и современных инструментов исследований для международных коллабораций (NICA, нейтринная программа ОИЯИ, эксперименты на LHC).

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:
Завершение ревизии модели Geant4 FTF, более точное задание функций фрагментации кварков и дикварков в странные частицы в модели Geant4 QGS. Оптимизация работы моделей DCM и UrQMD 3.4 Попытка разработать модель кварк-глюонных струн для ядро-ядерных взаимодействий.

Физический анализ данных, полученных в экспериментах NICA MPD, NICA BM@N и NA61/SHINE, в рамках моделей Geant4 FTF и UrQMD 3.4. Массовые расчеты для указанных моделей по заявкам экспериментаторов.

Учет различных эффектов в генераторе DCM-QGSM-SMM: зависимости времени жизни резонансов от плотности ядерной среды, подавление сечения рождения псевдоскалярных мезонов и усиление рождения гиперонов в плотной ядерной среде, деформации ядер. Разработка решеточной модели ядра и перколяционной модели мультифрагментации.

Алгоритмы, программное обеспечение, Монте-Карло моделирование и анализ данных эксперимента CMS для исследования резонанса с массой 28 ГэВ в спектре пар мюонов на статистике Run 3 LHC. Поиск резонанса при 28 ГэВ в канале распада на пары e+e- и tau+tau- с использованием данных Run 2 и Run 3 LHC.

Алгоритмы, программное обеспечение, Монте-Карло моделирование и анализ данных эксперимента CMS для поиска частиц темной материи в данных Run 3 в конечном состоянии с двумя мюонами разного знака и недостающим импульсом. Интерпретация результатов в рамках Inert Doublet Model и в 2HDM+a моделей.

Отладка процедуры тестирования чувствительных элементов калориметра высокой гранулярности эксперимента CMS, включая реконструкцию треков и оценку эффективности каждой ячейки детектора. Проработка возможности мониторирования ячеек калориметра с помощью физических процессов.

Разработка и отладка алгоритмов и методов реконструкции траекторий мюонов в катодно-стриповых камерах (КСК) мюонной системы эксперимента CMS для сравнения непрерывного подхода вейвлет-анализа для разделения перекрывающихся сигналов с нейросетевым подходом на базе КАН сети, оценки пространственного разрешения камер КСК и эффекта их старения на данных, полученных в 2025 г. на установке GIF++ в ЦЕРН и в протон-протонных соударениях пучков LHC.

Участие в работах по модернизации пакета ATLAS Athena IOVDbSvc под CREST, адаптация сервиса EventIndexPicking под требования Production System Group, модификация TDAQ Resource manager в соответствии с заданиями системы ATLAS JIRA.

Исследование эффективности и скорости различных методов машинного обучения идентификации частиц в BM@N.

Нахождения полного набора поправочных параметров для детекторов STS и GEM эксперимента BM@N (с учетом и без учета магнитных полей) и их программная реализация для актуальных конфигураций детекторов в 2025-2026 годах.

Подготовка детальной геометрии трековых детекторов для актуальной конфигурации установки девятого сеанса эксперимента BM@N. Подготовка алгоритмов моделирования реалистичных откликов для газовых и полупроводниковых детекторов гибридной трековой системы, а также алгоритмов реконструкции координат с микростриповых плоскостей данных детекторов для обработки экспериментальных данных, собранных в 2025 году в рамках девятого сеанса эксперимента.

Алгоритмы моделирования откликов трековых детекторов эксперимента BM@N на основе генеративно-состязательных сетей (GAN). Алгоритмы восстановления пространственных координат в трековых детекторах с применением гибридного подхода на базе классических и квантовых нейронных сетей.

Исследование с помощью Монте-Карло моделирования многочастичных корреляций в pp-взаимодействиях при энергии пучков комплекса NICA 13 ГэВ, сравнение с теоретическими моделями.

Внедрение программы идентификации заряженных частиц в MPD на основе градиентного бустинга в MPDroot.

Проведение модернизации алгоритмов кластеризации и завершение интеграции трекера ACTS в глобальную реконструкцию треков в рамках программной оболочки MPDroot. Тестировка ACTS пользователями в условиях mass production.

Обновление внешних зависимостей MPDRoot и его адаптация к изменениям в используемых пакетах (GCC 15.x, GEANT4 11.4+, ROOT 6.38+, C++23). Завершение поддержки CentOS 7 и начало поддержки Alma Linux 10.x. Оценка возможности распространения пакета MPDRoot с использованием CVMFS на платформе macOS.

Разработка и внедрение нейросетевых алгоритмов для задач реконструкции событий в эксперименте SPD на ускорительном комплексе NICA.

Разработка и внедрение нейросетевых методов на базе сетей Колмогорова-Арнольда (KAN) для деконволюции многокомпонентных сигналов получаемых в физическом эксперименте.

Разработка алгоритмов на базе тензорных сетей для задачи реконструкции треков заряженных частиц в TPC MPD на ускорительном комплексе NICA.

Применение классических методов трекинга для построения и экстраполяции треков из TPC к системе ToF эксперимента MPD.

Развитие и поддержка эксплуатации информационных систем экспериментов BM@N и MPD для описания геометрии установок, конфигурации детекторов, процесса менеджмента. Создание прототипа системы BM@N Data Quality Assurance. Создание и внедрение системы MPD e-log. Участие в разработке онлайн системы DAQ MPD.

Исследование свойств алгоритмов реконструкции струй/кластеров адронов в условиях SPD. Изучение возможности наблюдения кластеров частиц в инклюзивном случае. Определение кинематики партонов жесткого процесса с применением алгоритмов машинного обучения.

Реализация модели обработки и хранения смоделированных данных эксперимента SPD, актуальной на 2025-2026 год. Интеграция промежуточного программного обеспечения и создаваемого на программной платформе Sampo прикладного ПО эксперимента SPD.

Функциональное тестирование и отладка компонентов и интерфейсов комплекса промежуточного программного обеспечения для системы предварительной обработки данных эксперимента SPD на программно-аппаратном прототипе кластера первичной обработки данных - SPD Online Filter.

Обеспечение необходимого уровня функционирования, отвечающего потребностям в массовом моделировании физических процессов эксперимента SPD в распределенной вычислительной среде на основе системы управления нагрузкой PanDA и системы управления данными на основе пакета RUCIO DDM. Развитие систем управления процессами обработки, добавление новых процессов, системы учета запросов на обработку данных. Проработка вопросов безопасности, в частности, аутентификации и авторизации пользователей, политик доступа к данным эксперимента. Развитие средств мониторинга инфраструктуры, сервисов и процессов обработки данных. Разработка систем полу- и автоматического тестирования сервисов созданной распределенной вычислительной среды.

Оптимизация графов автоматизированной обработки данных Baikal-GVD для эффективного использования многопоточности в программах обработки.

Развитие программного обеспечения для обработки данных на спектрометре малоуглового рассеяния нейтронов ЮМО.

Построение модели машинного обучения для задачи классификации адронов и гамма-квантов в эксперименте TAIGA.

Моделирование апгрэйд версии прототипа ОЛВЭ-HERO для тестов на пучках ускорителей.

Разработка математических методов и алгоритмов для реконструкции траекторий в задаче моделирования протонного цифрового томографа.

Дальнейшая оптимизация веб-приложения для фитирования экспериментальных данных: выбор наилучшей LLM-модели, разработка дополнительного интерфейса для пользователя, увеличение числа принимаемых форматов данных.

Использование МБЭ-многочленов высоких порядков для совершенствования методики обработки реакторных данных и нейтронных шумов реактора ИБР-2М.

Развитие алгоритмического модуля на основе моделей глубокого обучения и объяснимых моделей искусственного интеллекта для задач анализа данных, получаемых с использованием тест-системы «Водный лабиринт Морриса» в экспериментах, направленных на изучение поведенческих реакций лабораторных животных, подверженных воздействию различных факторов.

Разработка алгоритмов на базе методов глубокого обучения и компьютерного зрения и создание веб-приложения для анализа данных, получаемых с использованием тест-системы «Открытое поле» в экспериментах по изучению влияния ионизирующего излучения и других факторов на биологические объекты.

Исследования в области повышения точности моделей классификации и детекции болезней растений. Оценка эффективности и применимости различных методов генерации синтетических изображений болезней растений.

Исследования в области прогнозирования загрязнения окружающей среды с использованием данных дистанционного зондирования земли и различных методов машинного обучения. Разработка нейросетевых методов калибровки мобильных платформ для оценки состояния чистоты воздуха.

Разработка новых вычислительных методов на основе универсального обратного преобразования Радона и создание программного обеспечения для улучшенного анализа данных компьютерной томографии.

Разработка алгоритмов восстановления спектра нейтронов по показаниям спектрометра Боннера на основе глубоких нейронных сетей с преобразованием входящих признаков. Создание прототипа веб-приложения.

Тестирование и доработка прототипа квантового нечеткого ПИД – регулятора и демонстрационного образца робота со встроенным прототипом самоорганизующегося регулятора. Тестирование в эксплуатационном режиме прототипа интеллектуальной системы управления криогенными системами для сверхпроводящих магнитов ускорительного комплекса NICA в штатных и нештатных ситуациях на основе квантового координационного самоорганизующегося ПИД – регулятора. Доработка методологии разработанной структуры интеллектуальной системы управления ВЧ-станцией.

2. Методы вычислительной физики для исследования сложных систем

Земляная Е.В.
Чулуунбаатар О.
Заместители:
Калиновский Ю.Л.
Хведелидзе А.

Реализация

ЛИТ Абгарян В., Адам Г., Адам С., Айриян А.С., Айрян Э.А., Акишин П.Г., Бадреева Д.Р., Барашенков И.В., Башашин М.Б., Боголюбская А.А., Бордаг Л., Буреш М., Буша Я. (мл.), Буша Я. (ст.), Верховцева К.Д., Волохова А.В., Воскресенская О.О., Годеридзе Д., Григорян О., Гусев А.А., Зуев М.И., Карамышева Т.В., Ковалев О.О., Корняк В.В., Кулябов Д.С., Лукьянов К.В., Мавлонбердиева С.Д., Махалдиани Н.В., Михайлова Т.И., Нечаевский А.В., Никонов Э.Г., Палий Ю., Папоян В.В., 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., 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., Карпов А.В., Мирзаев М.Н., Самарин В.В., Середа Ю.М.

ЛНФ Киселев М.А., Кучерка Н., Перепелкин Е.Е.

ЛЯП Карамышев О.В., Карамышева Г.А., Ляпин И.Д., Попов Е.П.

ЛФВЭ Бычков А.В., Никифоров Д.Н.

ЛРБ Бугай А.Н., Чижов А.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен 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 и 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 Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Разработка методов, алгоритмов и комплексов программ для проведения численных исследований взаимодействий различных типов в сложных системах ядерной физики и квантовой механики.

Методы моделирования многофакторных процессов в материалах и конденсированных средах под внешними воздействиями.

Методы решения задач моделирования при проектировании экспериментальных установок и оптимизации режимов их работы.

Методы моделирования сложных процессов в плотной ядерной материи на основе уравнения состояния.

Методы моделирования квантовых систем с применением методов квантовой теории информации и гибридных квантово-классических методов программирования.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Развитие методов решения многомерных начально-краевых задач для квантового туннелирования в подбарьерных реакциях слияния тяжелых ионов и методов расчёта характеристик неупругого рассеяния быстрых электронов на атомах при больших переданных импульсах с учетом эффекта Мигдала.

Разработка конечно-элементных методов решения многомерных краевых задач, включая вычислительную схему решения шестимерных краевых задач для исследования квадрупольно-октупольных коллективных моделей атомного ядра.

Моделирование процессов передачи нуклонов и фрагментации ядер при взаимодействиях тяжелых ионов в диапазоне средних энергий в рамках транспортно-статистического подхода. Анализ на основе микроскопических моделей оптического потенциала экспериментальных данных по протон-ядерному рассеянию и по ядро-ядерным взаимодействиям для получения информации о структуре взаимодействующих ядер и изучения влияния ядерной среды на механизмы этих реакций.

Разработка алгоритмов высокой точности и методов их параллельной реализации для численного исследования уравнений движения, описывающих модели малочастичных систем.

Численное решение задач многочастичной квантовой механики в приложениях физики конденсированных сред методами тензорных сетей, в том числе гибридных, с внедрением нейросетевых технологий. Исследование на этой основе квантового магнетизма в низкоразмерных спиновых системах, неравновесной квантовой динамики изолированных и открытых электронных и магнитных квантовых систем.

Квантово-химический расчет электронной структуры и спиновых состояний металлорганических молекулярных магнетиков на основе переходных и редкоземельных металлов.

Исследование когерентных динамических явлений при бозонном переходе Раби-Джозефсона. Моделирование вероятностных динамических сетей с различными типами памяти.

Моделирование сложных процессов в материалах под действием облучения тяжелых ионами высоких энергий, нанокластерами и под действием лазерного облучения в рамках комбинированного подхода, объединяющего методы молекулярной динамики и модель термического пика.

Развитие методов высокопроизводительного численного исследования динамических процессов в джозефсоновских структурах различных типов. Моделирование динамики цепочки параллельных j0 переходов сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник, включая исследование резонансных свойств и возникновения магнонов в таких системах. Исследование интертипных сверхпроводников и сверхпроводников с примесями.

Проведение в рамках различных подходов численного анализа данных малоуглового рассеяния на везикулярных системах малого радиуса для получения новой информации о структуре и свойствах таких систем в зависимости от внешних факторов.

Исследование локализованных структур в системах, описываемых нелинейными динамическими уравнениями в одно- и многомерных моделях теории поля, включая движущиеся осциллоны, а также периодические решения уравнения Абловица – Ладика с нелинейной фазой.

Оптимизация метода и комплекса программ для расчета траекторий движения пучка частиц в изохронном циклотроне для ускорения расчета коэффициента прохождения пучка через ускоритель.

Сравнительный анализ различных сценариев конечно-элементного моделирования явления намагничивания массивного сверхпроводника MgB_2 с использованием пакета COMSOL с целью выбора оптимального численного подхода.

Развитие, параллельная реализация и теоретическое обоснование безматричного h-p полуадаптивного трёхуровневого итерационного метода циклов для решения конечно-элементных систем большой размерности на многоядерных компьютерах. Проведение расчетов по оптимизации характеристик сверхпроводящих магнитов на основе трехмерного компьютерного моделирования и метода объемных интегральных уравнений.

Оптимизация методов вычислений и модернизация программного пакета для параллельного компьютерного моделирования охлаждения нейтронных звёзд, а также для валидации моделей уравнения состояния сверхпроводящей сильно взаимодействующей ядерной материи по данным наблюдений компактных объектов. Изучение роли спинорного поля в ускоренном расширении Вселенной на основе решения самосогласованной системы уравнений Эйнштейна–Дирака и сравнение полученных численных результатов с данными наблюдений и известными теоретическими моделями.

Исследование моделей с нелокальным взаимодействием для описания спектров мезонов и развитие методов численного решения соответствующих систем уравнений, вычисление на этой основе физических характеристик изучаемых систем. Описание процессов рождения и диссоциации тяжелых кваркониев.

Реализация квантовой схемы алгоритма QAOA для 2x- и 3x-мерных вариантов модели Изинга с поперечным электрическим полем в среде Quda-Q. Реализация квантовой схемы нелокального гейта для создания в среде Cirq состояния двух кубитов с заданными характеристиками перепутанности на основе факторизации преобразований группы SU(4), позволяющей строить двойной смежный класс $SU(2)xSU(2)\backslash SU(4)/U(1)^4$.

Исследование проявлений отклонения квантовой системы от классической версии на основе совместного анализа отрицательности функции Вигнера для кутрита и характеристик перепутанности в системе двух кубитов.

Построение модели конечномерный квантовой системы на основе групп Вейля – Гейзенберга и Клиффорда с описанием квантовых состояний посредством дискретных функций Вигнера, определенных над полями Галуа.

Построение цепочек редукции функциональных соотношений для многопетлевых Фейнмановских интегралов с использованием комплекса программ в системе Maple.

Разработка алгоритма минимизации влияния помех окружающей среды и систематических экспериментальных ошибок на однокубитные логические вентили путем реализации определенной последовательности унитарных операций.

Реализация квантовых алгоритмов для отслеживания частиц с использованием библиотек qbsolv, neal и Google OR-tools для эффективной параллельной обработки в задачах QUBO. Решение задачи трекинга в формулировке QUBO с использованием квантово-инспирированного оптимизатора QIOPT, предназначенного для решения комбинаторных, целочисленных и смешанных оптимизационных задач.

Ускорение "model-building" и включение в алгоритмы трекинга улучшенной фильтрации ложных сегментов с целью уменьшения влияния шумовых помех при использовании наборов данных SPD.

Анализ зонной структуры и моделирование релаксации неравновесных носителей в смешанных сцинтилляционных кристаллах, перспективных для использования в детекторах ионизирующего излучения с помощью DFT пакета Quantum Espresso и вычислительных ресурсов суперкомпьютера ГОВОРУН.

Активность темы:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Подготовка специалистов в области вычислительной физики и информационных технологий	**Кореньков В.В.** **Нечаевский А.В.** **Пряхина Д.И.** **Стрельцова О.И.**	2024-2026 Реализация

ЛИТ Бежанян Т.Ж., Войтишина Е.Н., Воронцов А.С., Дереновская О.Ю., Зуев М.И., Мажитова Е., Пелеванюк И.С.

УНЦ Каманин Д.В.

Ассоциированный персонал Богданов А.В., Корхов В.В., Киямов Ж.У., Никольска А.Н.

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 (ЦЭС) 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.

Основной предпосылкой к созданию активности является необходимость формирования научно-исследовательской среды для обеспечения профессионального роста ИТ-специалистов, создание и развитие научных групп, привлечение новых сотрудников в проекты ОИЯИ. Дополнительная подготовка кадров преимущественно по заказу лабораторий ОИЯИ должна быть направлена на развитие специальных компетенций, углубленных знаний и навыков практического характера в области вычислительной физики и информационных технологий.

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.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Подготовка учебных курсов и 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 и стран-участниц ОИЯИ в целях выявления и поддержки талантливой молодежи, привлечения студентов к поступлению в магистратуру филиала МГУ в г. Дубне.

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 практик, научно-исследовательских семинаров по информационным технологиям для студентов РФ и стран-участниц ОИЯИ.

Развитие компонента экосистемы на базе МИВК ОИЯИ, включающего облачную инфраструктуру и гетерогенную вычислительную платформу HybriLIT, для реализации образовательных программ и информационной поддержки активности.

Сотрудничество по теме 1119

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Тумасян А.	Соглашение
		ННЛА	Тумасян А.	Соглашение
			Айрапетян А.	Соглашение
			Геворкян А.	Соглашение
Беларусь	Гомель, НО	ГГУ	Андреев В.В.	Совместные работы
			Максименко Н.В.	Совместные работы
	Минск, MI	ИМ НАНБ	Малютин В.Б. + 2 чел.	Соглашение
		ИФ НАНБ	Килин С.Я.	Обмен визитами
			Килин С.Я.	Совместные работы
			Михалычев А.Б.	Обмен визитами
			Михалычев А.Б.	Совместные работы
			Прокопеня Н.О.	Обмен визитами
			Прокопеня Н.О.	Совместные работы
		НИИ ЯП БГУ	Ермак Д.В.	Обмен визитами
			Ермак Д.В.	Совместные работы
			Макаренко В.В.	Совместные работы
			Макаренко В.В.	Обмен визитами
			Мосолов В.А.	Обмен визитами
			Мосолов В.А.	Совместные работы
Болгария	София	SU	Димитров В.	Совместные работы
			Младенов Д.	Соглашение
			Христов И.Г.	Совместные работы
			Христова Р.Д.	Совместные работы
Великобритания	Оксфорд, OXF	Ун-т	Галлас Э.	Совместные работы
Вьетнам	Хошимин, SG	HCMUE	Лыонг Ле Хай	Совместные работы
Грузия	Тбилиси, TB	GTU	Гиоргадзе Г.	Совместные работы
		TSU	Элашвили А.	Совместные работы
		UG	Гогилидзе С.	Совместные работы
Египет	Гиза, GZ	CU	Абдулмагеад И.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Италия	Генуя, GE	INFN Genoa	Барберис Д.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Буртебаев Н.Т.	Совместные работы
			Сахиев С.К.	Совместные работы
		НИИ ЭТФ КазНУ	Еркинбаева Л.К.	Совместные работы
	Астана, AST	ЕНУ	Курмангалиева Ж.Д.	Совместные работы
Китай	Пекин, BJ	CIAE	Пэйвэй Вэн	Совместные работы
			Чэнцзянь Линь	Совместные работы
Мексика	Мехико, CDMX	UNAM	Айяла А.	Совместные работы
			Хесс П.О.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	IMDT MAS	Батгэрэл Б.	Соглашение
		MUST	Улзийбаяр В.	Совместные работы
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ	Регузова А.В.	Соглашение
	Владикавказ, SE	СОГУ	Нартиков А.Г.	Соглашение
			Огоев А.У.	Соглашение
	Воронеж, VOR	ВГУ	Кургалин С.Д.	Совместные работы
	Гатчина, LEN	НИЦ КИ ПИЯФ	Ким В.Т.	Совместные работы
			Кирьянов А.К.	Совместные работы
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"	Деникин А.С.	Совместные работы
			Кирпичева Е.Ю.	Совместные работы
			Черемисина Е.Н.	Совместные работы
		Филиал МГУ	Боос Э.Э.	Совместные работы
			Ольшевский А.Г.	Совместные работы
	Москва, MOW	ВШЭ	Щур Л.Н.	Соглашение
			Деркач Д.А.	Соглашение
			Ратников Ф.Д.	Соглашение
		ИТЭФ	Гаврилов В.Б.	Совместные работы
		МГУ	Соколов И.А.	Совместные работы
			Смелянский Р.Л.	Совместные работы
			Сухомлин В.А.	Совместные работы
			Фомичев В.В.	Совместные работы
		МИСИС	Иванников А.Л.	Совместные работы
		МИФИ	Артамонов А.А.	Совместные работы
			Коротков М.Г.	Совместные работы
			Солдатов Е.Ю.	Совместные работы
			Черкасский А.И.	Совместные работы
		МЭИ	Тарасов А.Е.	Совместные работы
			Топорков В.В.	Совместные работы
		НИВЦ МГУ	Воеводин В.В.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Боос Э.	Совместные работы
			Дудко Л.В.	Совместные работы
			Петрушанко С.В.	Совместные работы
		РУДН	Бронников К.А.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Малых М.Д.	Соглашение
			Рыбаков Ю.П.	Соглашение
			Севастьянов Л.А.	Соглашение
		ФИАН	Данилов М.В.	Совместные работы
	Петр.-Камчатский	КамГУ	Израпил Р.И.	Соглашение
	Пущино, MOS	ИМПБ РАН	Лахно В.Д.	Совместные работы
	Самара, SAM	СНИУ	Салеев В.А.	Совместные работы
			Баскаков А.В.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	СПбГУ	Богданов А.В.	Совместные работы
			Дегтярев А.Б.	Совместные работы
			Щеголева Н.Л.	Совместные работы
	Саратов, SAR	СГУ	Дербов В.Л.	Совместные работы
	Саров, NIZ	Филиал МГУ	Воеводин В.В.	Совместные работы
	Тверь, TVE	ТвГУ	Цветков В.П.	Совместные работы
			Цветков И.В.	Совместные работы
			Чемарина Ю.В.	Совместные работы
	Томск, TOM	ТГУ	Скорик Н.А.	Совместные работы
		ТПУ	Лидер А.	Соглашение
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Гниненко С.Н.	Совместные работы
	Тула, TUL	ТулГУ	Сычугов А.А.	Совместные работы
			Французова Ю.В.	Совместные работы
	Челябинск, CHE	ЮУрГУ	Соколинский Л.Б.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	UB	Деспотович С.	Совместные работы
			Хаджийойич М.	Совместные работы
			Чосич М.	Совместные работы
			Эрич К.	Совместные работы
Словакия	Кошице, KI	UPJS	Вала М.	Совместные работы
США	Арлингтон, TX	UTA	Озтурк Н.	Совместные работы
Таджикистан	Худжанд, SU	ХГУ	Хамдамов Ш.Д.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	АН РУз	Мирзаев С.З.	Совместные работы
		ИЯФ АН РУз	Садыков И.И.	Совместные работы
		Физика-Солнце	Олимов Х.К.	Совместные работы
Франция	Жив-сюр-Иветт	Irfu	Формика А.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева, CH	ЦЕРН	Аволио Дж.	Совместные работы
			Де Моншено Г.	Совместные работы
			Рибон А.	Совместные работы
			Рое Ш.	Совместные работы
ЮАР	Кейптаун, WC	UCT	Алексеева Н.	Совместные работы
			Дика А.	Совместные работы
	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Мокоена Т.Э.	Совместные работы
Япония	Сендай	IMRAM	Каная С.	Совместные работы
			Такахаши М.	Совместные работы

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, 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, ЛРБ, ЛЯП, ЛЯР, ЛТФ, ЛИТ	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 графитовой мишени «GAMMA4» с размещенными внутри твэлами и центральным отверстием для конвертеров различных видов позволяет корректно сравнивать количество делений и выделяемую энергию, реализуемую при воздействии протонных и ионных пучков. Использование графитового блока вместо свинцового дает возможность уменьшить необходимое количество делящегося материала за счет более мягкого спектра нейтронов. Данная конструкция позволяет облегчить манипуляции с мишенью ввиду меньшего веса и обладает меньшей стоимостью. Выбранная длина мишени (120 см) позволяет охарактеризовать зависимость выделяемой энергии от размеров бериллиевого конвертера ионов низких энергий.

Предлагаемая графитовая мишень «GAMMA4» 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 преобразователей.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Разработка технического проекта свинцовой мишени (блока с центральным отверстием для преобразователей, вертикальными и горизонтальными отверстиями для размещения детекторов деления).

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, наук о материалах и строении вещества, радиационной стойкости электроники и современных ядерно-физических технологий	**Белов О.В.**	2024-2026 Набор данных Обработка данных

ЛФВЭ Артюх В.А., Афанасьева К.П., Джавадова В., Дунин В.Б., Ковалев Ю.С., Крячко И.А., Марьин И.И., Мурин Ю.А., Новиков М.С., Осипов А.Н., Павлюкевич В.А., Пухаева Н.Е., Рогачев А.В., Садыгов З., Себаллос С., Синельщикова С.Е., 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.

ЛТФ Осипов В.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В 2026 году ожидается проведение сеансов работы на основных установках комплекса NICA. 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 2026 году сеансов работы ускорительного комплекса 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 дополнительной и локальной защиты от ионизирующего космического излучения на борту космических комплексов;

– выполнить второй этап отработки методики высокотемпературной радиационной модификации различных видов полимерных соединений на примере политетрафторэтилена (ПТФЭ) 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.

2024-2026

Реализация

ЛФВЭ 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.** — 2024-2026

Реализация

ЛФВЭ Дрноян Д.Р., Крячко И.А., Стрекаловская Е.В., Тоан Тран Нгор

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 2026 года.

4. Развитие программного обеспечения и проведение дозиметрических расчетов для экспериментов ARIADNA. Моделирование радиационных условий на комплексе NICA — **Параипан М.** — 2024-2026

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.**	2024-2026 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.

2024-2026

Реализация

ЛФВЭ Новиков М.С., Параипан М., 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.

Сотрудничество по теме 1107

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Арутюнян Р.М.	Соглашение
			Балабекян А.Р. + 2 чел.	Совместные работы
		КЕНДЛ	Григорян Б.А. + 2 чел.	Совместные работы
		ННЛА	Арутюнян В.	Соглашение
Беларусь	Минск, MI	БГУ	Свито И.А. + 2 чел.	Обмен визитами
			Свито И.А. + 2 чел.	Совместные работы
		НИИ ЯП БГУ	Федотов А.К. + 4 чел.	Обмен визитами
			Федотов А.К. + 4 чел.	Совместные работы
			Федотова Ю.А.	Обмен визитами
			Федотова Ю.А.	Совместные работы
		ОИЭЯИ-Сосны	Гусак К. + 3 чел.	Обмен визитами
			Гусак К. + 3 чел.	Совместные работы
Болгария	Пловдив	MUP	Зайцева Е.М.	Совместные работы
Мексика	Мехико, CDMX	INCan	Сойосо-Дюпонт И.	Совместные работы
Молдова	Кишинев, CU	МолдГУ	Еленчук Д.	Соглашение
Россия	Владикавказ, SE	СОГУ	Пухаева Н.Е. + 2 чел.	Соглашение
	Долгопрудный	МФТИ	Кузьмин Д.В.	Соглашение
			Леонов С.В.	Соглашение
			Пустовалова М.В.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Рогачев А.В.	Соглашение
	Дубна, MOS	ИПИ "Омега"	Лузанов В.А.	Соглашение
		ИФТП РОСАТОМ	Смирнов А.А. + 4 чел.	Соглашение
		Филиал МГУ	Тетерева Т.В.	Совместные работы
	Москва, MOW	ИМБП РАН	Иванов А.А. + 2 чел.	Соглашение
			Иванова О.А.	Совместные работы
			Перевезенцев А.А.	Соглашение
			Штебмерг А.С. + 5 чел.	Соглашение
			Шуршаков В.А.	Соглашение
		ИОНХ РАН	Баранчиков А.Е.	Соглашение
			Горбунова Ю.Г.	Соглашение
			Жижин К.Ю.	Соглашение
			Иванов В.К.	Соглашение
		ИТЭФ	Кулевой Т.В.	Соглашение
			Титаренко Ю.Е.	Соглашение
		Квант-Р	Слесаренко В.В.	Соглашение
		МИФИ	Покровский С.В.	Соглашение
		НИИЯФ МГУ	Подорожный Д.М.	Соглашение
		ОИВТ РАН	Дегтяренко П.Н.	Соглашение
		РУДН	Атяшкин Д.А.	Обмен визитами
		ФИЦ ХФ РАН	Ларичев М.Н.	Соглашение
			Смолянский А.С.	Соглашение
			Трахтенберг Л.И.	Соглашение
		ФМБЦ ФМБА	Бушманов А.Ю.	Соглашение
			Осипов А.Н. + 1 чел.	Соглашение
	Обнинск, KLU	МРНЦ НМИЦР	Сабуров В.О.	Совместные работы
	Пущино, MOS	ИТЭБ РАН	Попов А.Л.	Соглашение
			Попова Н.Р.	Соглашение
			Селезнева И.И.	Соглашение
			Сорокина С.С.	Соглашение
	Санкт-Петербург	СПбГУ	Жеребчевский В.И. + 5 чел.	Соглашение
	Томск, TOM	ТПУ	Пивоваров Ю.Л. + 4 чел.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз	Артемов С.В.	Совместные работы
			Ибрагимов Э.	Совместные работы
			Кулабдуллаев Г.А. + 3 чел.	Совместные работы
ЮАР	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Вандевурд Ш. + 3 чел.	Совместные работы
	Стелленбос, WC	SU	Ньюман Р.	Совместные работы

07-5-1131-2017

Радиационное материаловедение, нанотехнологические и биомедицинские исследования с пучками тяжелых ионов

Руководители темы: Апель П.Ю.

Заместитель: 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	Статус
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
1. Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов	**Скуратов В.А.** *Заместитель:* **Рымжанов Р.А.**	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., Мирзаев М., 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 взаимосвязи морфологии ионных треков и оптических свойств монокристаллов Al2O3 и MgAl2O4, облученных быстрыми тяжелыми ионами.

Структурные исследования и микромеханические испытания методом наноиндентирования сплавов Fe-Cr-Ni и Fe-Cr-Ni-Co, однородно имплантированных ионами гелия.

Атомистическое моделирование формирования дефектов, создаваемых быстрыми тяжелыми ионами на поверхности и на границах раздела в наноструктурированных материалах

2. Нанокомпозитные и функциональные трековые мембраны

Апель П.Ю.
Заместитель:
Нечаев А.Н.

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., Руссоу А., 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:
Экспериментальные данные о селективности полиимидных ионообменных мембран, получаемых ионно-трековым методом, для бинарных растворов, содержащих ионы магния и ионы щелочных металлов.

Разработка и получение анизотропных микропористых мембран для применения в устройствах медицинской диагностики.

Методика электрохимического определения ионов тяжелых металлов в воде в воде с использованием нанопористых поливинилиденфторидных трековых мембран, модифицированных 4-винилпиридином и N-винилимидазолом. Исследование матричных эффектов на аналитические характеристики сенсоров.

Гибридные мембраны на основе металлизированных трековых мембран и нановолокон поливинилиденфторида, сополимеров тетрафторэтилена и фтористого винилидена (Фторопласт – 42). Изучение релаксационных и пьезоэлектрических свойств гибридных мембран.

Разработка и получение аптасенсоров на основе трековых мембран с наночастицами серебра и золота, проявляющих эффект гигантского комбинационного рассеяния света (ГКР), для быстрого и селективного анализа экзосом.

Создание трековых мембран, модифицированных гомо- и гетеро металлорганическими каркасными структурами на основе переходных металлов (Co, Ni, Cu, Zn) и триптофана. Исследование структурных, селективных и бактерицидных свойств.

3. Высокоселективные сенсоры, работающие на принципах молекулярного узнавания для детектирования вирусов	**Нечаев А.Н.** **Завьялова Е.Г.**	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:
Оценка противовирусных свойств негенотоксичных аптамеров против вируса АЧС in vitro до и после заражения с использованием комет-анализа.

Отбор аптамеров с вирулицидным действием для дальнейшей разработки ТМ с иммобилизованными аптамерами.

Модификация нанослоев золота и серебра на микрофильтрационной трековой мембране специфическими аптамерами АЧС и анализ вируса АЧС с использованием рамановской спектроскопии.

Оценка противовирусных свойств ТМ с иммобилизованными аптамерами против вируса АЧС.

Сотрудничество по теме 1131

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Австралия	Канберра, ACT	ANU	Дутт С.	Совместные работы
			Клус П.	Совместные работы
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Арутюнян Р.М.	Совместные работы
			Саргсян А.	Совместные работы
			Харутюнян Т.	Совместные работы
		ИМБ НАН РА	Закарян Г.	Совместные работы
		ИХФ НАН РА	Камалян О.А.	Совместные работы
Беларусь	Гомель, HO	ГГУ	Рогачев А.В. + 4 чел.	Совместные работы
			Рогачев А.В. + 4 чел.	Обмен визитами
	Минск, MI	БГУ	Казючиц Н.М. + 2 чел.	Совместные работы
			Казючиц Н.М. + 2 чел.	Обмен визитами
			Королик О.В.	Совместные работы
			Королик О.В.	Обмен визитами
			Тиванов М.С.	Обмен визитами
			Тиванов М.С.	Совместные работы
			Углов В.В. + 3 чел.	Обмен визитами
			Углов В.В. + 3 чел.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой, HN	IMS VAST	Тран Квок Тьен	Совместные работы
Казахстан	Астана, AST	АФ ИЯФ	Боргеков Д.Б.	Совместные работы
		ЕНУ	Акилбеков А.Т. + 4 чел.	Совместные работы
		НУ	Тихонов А.В.	Совместные работы
Россия	Долгопрудный	МФТИ	Леонов С.В.	Совместные работы
	Иваново, IVA	ИГХТУ	Горберг Б.Л.	Совместные работы
	Краснодар, KDA	КубГУ	Никоненко В.В. + 3 чел.	Совместные работы
	Москва, MOW	ИНХС РАН	Волков В.В.	Совместные работы
		ИОНХ РАН	Ярославцев А.Б. + 2 чел.	Совместные работы
		ИСПМ РАН	Гильман А.Б.	Совместные работы
		ИТЭФ	Рогожкин С.В.	Совместные работы
		МГУ	Завьялова Е.Г.	Совместные работы
		МПГУ	Бедин С.А. + 2 чел.	Совместные работы
		НИИВС	Поддубиков А.	Совместные работы
		РНИМУ	Румянцев С.В.	Совместные работы
		РУДН	Люндуп А.В.	Совместные работы
		ФМБЦ ФМБА	Осипов А.Н. + 1 чел.	Совместные работы
	Новосибирск, NVS	ИФП СО РАН	Антонова И.В. + 2 чел.	Совместные работы
	Черноголовка	ИФТТ РАН	Кукушкин И.В. + 3 чел.	Совместные работы
Сербия	Белград, BG	VINCA	Йованович З.	Совместные работы
			Петрович С.	Совместные работы
ЮАР	Белвилл, WC	UWC	Петрик Л.	Совместные работы
	Гцгебеха, EC	NMU	Огунглая А.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
			Оливер Я.	Совместные работы
	Дурбан, NL	UKZN	Кхоза П.	Совместные работы
	Мтата, EC	WSU	Фалени И.	Совместные работы
	Претория, GT	TUT	Мсиманга М.	Совместные работы
		UNISA	Ситхоле И.	Совместные работы
		UP	Нджороге Е.	Совместные работы
			Номбона Н.	Совместные работы
			Хлаттшвайо Т.	Совместные работы
	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Нкози М.	Совместные работы
	Стелленбос, WC	SU	Россоу А.	Совместные работы
	Фандербейлпарк, GT	VUT	Абу Хоссейн Халед	Совместные работы

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:
Создание группы высоковольтных модулей:
– управляемый мини-модуль;

– настольный источник питания с дисплеем;

– блок промышленного исполнения в стойку 19’;

– высоковольтный коммутатор напряжения.

Обеспечение технических характеристик создаваемых устройств согласно техническому заданию.

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 Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководитель	Сроки реализации 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 мозга. 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:
Разработка и создание зонда-демонстратора с реализацией полной измерительной цепочки: *источник излучения – детектор – система анализа данных.* Проведение исследований на однородных фантомах, имитирующих оптические свойства биологических тканей: измерение оптических свойств; регистрация временных распределений фотонов. Проведение исследований на неоднородных фантомах: детектирование локализованных поглощающих областей на глубинах 1–3 см; анализ временных характеристик прошедшего излучения. Верификация экспериментальных данных с результатами моделирования методом Монте-Карло.

Сотрудничество по активности A002

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Россия	Москва, MOW	МГУ	Богомазов И.С.	Совместные работы
			Суслова Е.В.	Совместные работы
			Устименко Д.К.	Совместные работы

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:
Египет, 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	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		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:
Разработка конструкторской документации на электрические и механические узлы микро-ОФЭКТ системы.

Сотрудничество по активности A003

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Египет	Александрия, ALX	AU	Кешк О.А.	Совместные работы
Куба	Гавана	CEADEN	Лосад Д.В.	Совместные работы
Россия	Владивосток, PRI	ДВФУ	Терновой Н.К.	Совместные работы
	Москва, MOW	МИФИ	До Хоанг Хиеп	Совместные работы

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 организовано межлабораторное тестирование нейротоксичности и оценка накопления йодсодержащих препаратов на животных моделях в формате TaaS. Система будет включать в себя этапы оценки эффективности, метаболизма и токсичности препаратов.

Сотрудничество по активности A004

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус	
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ	Конаков А.О. + 1 чел.	Соглашение	
Россия	Москва, MOW	МГУ	Шашурин Д.А. + 1 чел.	Совместные работы	

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:
Прототип многофункциональной препаративной системы тангенциальной фильтрации с унифицированной системой подключения хроматографических трубок из полиэфиэфирркетона, стерильных силиконовых трубок с типом подключения Луер-Лук (Luer-Lock), силиконовых трубок без системы подключения.

Тестирования в условиях, приближенных к реальным:
– стерилизация воды на трековых мембранах и концентрация радиофармацевтического препарата на основе стерильной водной суспензии технеция меченного частицами альбумина человека;

– фильтрация на трековых мембранах в замкнутом цикле асцитической жидкости, взятой у онкологических больных с целью сохранения необходимого уровня электролитов и питательных веществ в организме больных с одновременным удалением циркулирующих в пределах брюшной полости раковых клеток;

– концентрирование и очистка наночастиц серебра, золота, оксида кремния и др.

Проведение тестирования одноразового модуля в лабораторных условиях (концентрация — фильтрация раствора гемоглобина в режиме ультрафильтрации, фильтрация модельных растворов латексных шариков в режиме микрофильтрации).

Сотрудничество по активности A005

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Россия	Москва, MOW	НМИЦ онкологии	Невзоров Д.И.	Совместные работы
		Сеченовский Ун-т	Каралкин П.А.	Совместные работы

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-200.

Основными задачами исследований на линейном ускорителе электронов ЛИНАК-200 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-200 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 моно-хроматических 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.	08-2-1126-5-2011/2028

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
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.**	Реализация

ЛЯП Демин Д.Л., Демичев М.А., Жемчугов А.С., Кручонок В.Г., Ноздрин А.А., Ноздрин М.А., Пороховой С.Ю., Трифонов А.Н., Уланкин А.А., Харченко Д.В., Хассан Амер Махмуд, Юненко К.Е.

ЛФВЭ Кобец В.В.

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-200 инфраструктуры для методических исследований на пучках электронов с энергией 20 МэВ и 200 МэВ. Предусматривается использование тестовой зоны на основе ЛИНАК-200 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-200 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:
Создание пользовательского вывода пучка электронов с энергией 60 МэВ.

Оснащение пользовательских выводов дозиметрической аппаратурой.

Начало работы ускорителя в соответствии с отобранными заявками пользователей.

2.	**Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов**	**Глаголев В.В.** **Ляблин М.В.**	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., 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:
Создание сети из малогабаритных прецизионных лазерных инклинометров (МПЛИ) для мониторирование поведения основания коллайдера NICA для отслеживания критических изменений конструкции, способных вызвать отклонения пучков от расчетных орбит. Создание программно-аппаратного комплекса для синхронизации, обработки данных МПЛИ. Создание программного обеспечения для визуализации изменения положения поверхности Земли под коллайдером NICA.

Модификация текущей версии МПЛИ для долговременной стабильной работы на протяжении 6-12 месяцев с точностью угловых измерений 10^{-7} рад. в условиях удаленных геодезических пунктов с питанием от солнечных батарей.

Провести НИР по созданию новой версии МПЛИ – интерферометрического ПЛИ (ИПЛИ), обладающего слабой температурной зависимостью и менее затратным производством, базирующимся на доступных компонентах.

На базе наборов модифицированных МПЛИ и ИПЛИ провести этапы развертывания сетей для определения регионов накопления сейсмической энергии и мониторирования объектов на территории Камчатки, Армении, Беларуси и Узбекистана.

Создать необходимое программное обеспечение для приема данных с сети ПЛИ, онлайн контроля, визуализации поверхности Земли, контролируемой сетью, алгоритмы (включая машинное обучение, нейронные сети) для определения зон повышенного накопления сейсмической энергии.

Создание прототипа амплитудного интерферометрического измерителя длины на длину 16 м, создание прототипа лазерной реперной линии на длину 128 м, создание прототипа сейсмостабилизированной исследовательской платформы, применение компактных МПЛИ для улучшения частотных параметров гравитационных антенн детектора VIRGO.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Провести измерения наклона зала SPD с помощью нескольких ИПЛИ.

Провести совместные измерения микросейсмических колебаний с помощью ИПЛИ и геофизических приборов в геофизической обсерватории "Нарочь" в Беларуси.

Разработать опытный образец инклинометра со съемом информации при помощи фотоматрицы.

3. Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (PAS)

Сидорин А.А.
Научный руководитель:
Мешков И.Н. (ЛФВЭ)

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:
Продолжение прикладных исследований совместно с ТПУ (слоистые материалы Zr/Nb), САФУ (синтетические алмазы).

Исследование полимерных материалов и тонких пленок (BiVO) методом ДУАЛ по схеме совпадений совместно с коллегами из Вьетнама.

Исследования различных материалов (полупроводники, металлы, сплавы) методами ДУАЛ и PALS.

Реализация системы упорядочивания для метода PALS на потоке позитронов.

Развитие системы автоматического управления установкой ПАС.

4. Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований

Шелков Г.А.
Заместители:
Рожков В.А.
Терещенко В.В.

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.

Реализация

ЛЯП Бажанов Н.А., Белов Д.В., 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.

ЛФВЭ Куликов М.В., Кутузова Л.В., Фимушкин В.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.

Разработка и создание основных узлов мощного рефрижератора растворения ^{3}He/^{4}He для установки MESA.

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.

Сборка, монтаж и тестирование мощного рефрижератора растворения 3He/4He на пучковом канале установки MESA.

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	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	ИРП	Самедов С.Ф.	Соглашение
Армения	Гюмри, SH	ИГИС НАН РА	Карапетян Д.К.	Совместные работы
Беларусь	Минск, MI	НИИ ЯП БГУ	Батраков К.Г. + 4 чел.	Обмен визитами
			Батраков К.Г. + 4 чел.	Совместные работы
		ЦГМ НАНБ	Аронов Г.А. + 4 чел.	Совместные работы
			Аронов Г.А. + 4 чел.	Обмен визитами
Болгария	София	INRNE BAS	Попов Е.П.	Совместные работы
Вьетнам	Хошимин, SG	CNT VINATOM	Нгуен Ву Минь Чунг	Соглашение
Германия	Бонн, NRW	UniBonn	Бек Р.	Соглашение
	Майнц, RP	JGU	Ауленбахер К.	Соглашение
			Томас А.	Соглашение
Россия	Архангельск, ARK	САФУ	Есеев М.К.	Соглашение
	Москва, MOW	Кристал	Адамов Д.Ю.	Соглашение
		МИФИ	Нурушева М.В. + 2 чел.	Соглашение
	Новосибирск, NVS	ИФП СО РАН	Сидоров Г.Ю.	Соглашение
	Петр.-Камчатский	КФ ФИЦ ЕГС РАН	Испраилов Д.И.	Совместные работы
			Макаров Е.О.	Совместные работы
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Абрамов В.В. + 2 чел.	Соглашение
	Санкт-Петербург	СЗОНКЦ ФМБА	Светликов А.	Соглашение
		СПбГЭТУ "ЛЭТИ"	Потрахов Н.Н.	Соглашение
	Томск, TOM	ТГПУ	Лаптев Р.С.	Соглашение
		ТГУ	Толбанов О.П.	Соглашение
Сербия	Нови-Сад, VO	UNS	Крмар М.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	ИС АН РУз	Рафиков В.А.	Соглашение
Чехия	Прага, PR	CTU	Солар М.	Соглашение

08-2-1127-2016

Перспективные разработки систем ускорителей и коллайдеров нового поколения для фундаментальных и прикладных целей

Руководители темы: Трубников Г.В.
Ширков Г.Д.
Гикал Б.Н.

Участвующие страны и международные организации:
Россия, Китай, ЮАР, Азербайджан, Узбекистан, Египет.

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.

Проект по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		Статус
1.	**Создание испытательных стендов для тестирования подсистем циклотрона MSC-230**	**Карамышева Г. А.** **Яковенко С. Л.**	08-2-1127-1-2024/2027 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., Павлова А.А., Пальников И.М, Петров Д.С., Попов Д. В., Потапова Н.С, Рогозин Д.В., Романов В.М., Румянцев М.А., 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., Яковенко С.Л.

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.

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.**	2024-2026 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.** | 2024-2026 | Реализация

ЛЯП Афанасьев А.В., Дятлов А.С., Журавлев П.П., Шокин Д.С., Юненко К.Е.

ЛФВЭ Блеко В.В., Гаранжа Н.И., Гуран Й., Скрыпник А.В., Шабратов В.Г.

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:
Модернизация СВЧ-системы стенда. Подготовка предложения по новому лазерному драйверу и системе синхронизации лазерного импульса с ВЧ-системой. Продолжение разработки систем безопасности. Физический пуск стенда.

Разработка систем безопасности.

3. Участие в разработке концепции и совместного проекта с ФМБА России создания пилотного научно-клинического центра протонной терапии | **Ширков Г.Д.** | 2024-2026 | 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:
Разработка медико-технических условий для проекта создания центра протонной терапии.

Сотрудничество по теме 1127

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	MOM	Алиев Д.	Совместные работы
Египет	Каир, C	ASRT	Эль Фики Дж.	Совместные работы
Китай	Хэфэй, AH	ASIPP CAS	Сонг Юнтао	Совместные работы
			Чен Ген	Совместные работы
Россия	Димитровград, ULY	ФНКЦРиО ФМБА	Удалов Ю.Д.	Совместные работы
	Москва, MOW	ИКИ РАН	Головин Д.В.	Совместные работы
			Литвак М.Л.	Совместные работы
		ИМБП РАН	Белов О.В.	Совместные работы
		МГУ	Латанов А.В.	Совместные работы
		ФМБЦ ФМБА	Блохина Т.М.	Совместные работы
			Игнатов М.А.	Совместные работы
			Осипов А.Н.	Совместные работы
			Трубчекова Е.И.	Совместные работы
			Яшкина Е.И.	Совместные работы
		ФЦМН ФМБА	Белоусов В.В.	Совместные работы
	Новочеркасск, ROS	ЮРГПУ НПИ	Ланкин М.В.	Совместные работы
	Пущино, MOS	ИТЭБ РАН	Шемяков А.Е.	Совместные работы
			Дюкина А.Р.	Совместные работы
	Санкт-Петербург	НИИЭФА РОСАТОМ	Осина Ю.К.	Совместные работы
			Смирнов К.Е.	Совместные работы
Узбекистан	Ташкент, TK	ИЯФ АН РУз	Содиков И.И.	Совместные работы
ЮАР	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Вандевордэ Ш.	Соглашение

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 2025 год по основным научным направлениям Института.

Подготовка к изданию ПТП на 2027 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 2026 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 2025 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	Богданова Т.В., Боклагова Н.А., Ивашкевич Т.Б., Кешарпу Е.В., Коробов Д.С., Кучерка Н., Мартовская Я.Л., Сисакян Н.И.	
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., 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.** **Куликов О.-А.**
ДНОД	Боклагова Н.А., Коробов Д.С., Сисакян Н.И., Мартовская Я.Л.	
5.	**Поддержка работы диссертационных советов ОИЯИ**	**Неделько С.Н.** **Жемчугов А.С.**
ДНОД	Ивашкевич Т.Б., 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., 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., 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.

11. Сопровождение развития и имплементации сервисов цифровой экосистемы ОИЯИ в части, соответствующей профилю деятельности ДНОД — **Кучерка Н., Куликов О.-А.**

ЛИТ Белов С.Д., Неополитанский Д.В., Приходько А.В.

12. Исследование истории развития ОИЯИ как ММНО — **Неделько С.Н., Жемчугов А.С.**

ДНОД Фуфаева В.Е.

ДепМС Бадави Е.А.

Апарат директора Хведелидзе М.А.

Музей Злотникова А.Е., Малая Е.К., Расторгуев А.А.

Сотрудничество по теме 1037

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Тумасян А.	Соглашение
		ННЛА	Тумасян А.	Соглашение
Болгария	София	SU	Младенов Д.	Соглашение
Египет	Каир, C	ASRT	Шуман М.	Соглашение
Казахстан	Алма-Ата, ALA	ИЯФ	Кабатаева Р.С.	Соглашение
Россия	Москва, MOW	ВШЭ	Судариков А.Л.	Соглашение
		ИВ РАН	Кузнецов В.А.	Соглашение
		ИМЭМО РАН	Данилин И.В.	Соглашение
		МГИМО	Харкевич М.В.	Обмен визитами
		РИЭПП	Ильина И.Е.	Обмен визитами
		РУДН	Севастьянов Л.А.	Соглашение
	Санкт-Петербург	ИТМО	Минис К.С.	Обмен визитами
Тунис	Тунис	ААЭ	Халефа И.	Соглашение
ЮАР	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Ньюман Р.	Соглашение

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.

Запуск регулярной школы для студентов - будущих учителей.

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. Организация 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.

Обеспечение образовательной компоненты в проведении мероприятий в рамках празднования 70-летия Института.

Организация участия ОИЯИ в фестивалях наук на базе университетов страны-местопребывания Института в рамках празднования 70-летия Института. 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 от лаборатории	
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.

ЛФВЭ — Осипов К.Г., Пивин Р.В.

ЛЯП — Жемчугов А.С., Трифонов А.Н.

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. Стажировка JEMS — Каманин Д.В.

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 — Каменски 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** / **Статус**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории / 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., Коробицин А.А., Лашманов Н.А., Лыонг Ба Винь, Орлова Ю.Д., Осмачко М.П., Пухаева Н.Е., Рогов В.Ю., Семчуков П.Д., Ярыгин Г.А.		
Чеплаков А.П.			
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 для работы с электронным микроскопом на примере исследования микрофоссилий и органических соединений в метеоритах и в древних земных породах.

Разработка 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 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., Орлова Ю.Д., 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	Участники	Статус
Азербайджан	Баку, BA	ИФ	Мехтиев Р.А.	Соглашение
Армения	Ереван, ER	ЕГУ	Мартиросян Р.М.	Соглашение
			Погосян Г.С.	Соглашение
Беларусь	Гомель, HO	ГГУ	Хахомов С.А.	Обмен визитами
			Хахомов С.А.	Совместные работы
	Минск, MI	БГТУ	Войтов И.В.	Обмен визитами
			Войтов И.В.	Совместные работы
		НИИ ЯП БГУ	Максименко С.А.	Совместные работы
			Максименко С.А.	Обмен визитами
Болгария	София	INRNE BAS	Ванков И.	Совместные работы

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		SU	Райновски Г.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой, HN	IOP VAST	Ле Хонг Хием	Совместные работы
		VINATOM	Винь Ба Лыонг	Совместные работы
Египет	Каир, C	ASRT	Эль Фики Дж.	Совместные работы
		EAEA	Амр Эль-Хаг	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата, ALA	КазНУ	Туймебаев Ж.К.	Соглашение
	Астана, AST	ЕНУ	Сыдыков Е.Б.	Соглашение
	Усть-Каменогорск, VOS	ВКУ	Толеген М.А.	Соглашение
Куба	Гавана	ASC	Хосе Луис Дона	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	MNUE	Жанчив Ш.	Совместные работы
		NUM	Одмаа С.	Совместные работы
Россия	Архангельск, ARK	САФУ	Кудряшова Е.В.	Соглашение
		СГМУ	Горбатова Л.Н.	Соглашение
	Белгород, BEL	БелГУ	Полухин О.Н.	Соглашение
	Владивосток, PRI	ДВФУ	Коробец Б.Н.	Соглашение
	Владикавказ, SE	СОГУ	Огоев А.У.	Соглашение
	Воронеж, VOR	ВГУ	Ендовицкий Д.А.	Соглашение
	Грозный, CE	ЧГУ	Саидов З.А.	Соглашение
	Долгопрудный	МФТИ	Ливанов Д.В.	Соглашение
	Дубна, MOS	ГУ "Дубна"	Деникин А.С.	Соглашение
	Екатеринбург, SVE	УрФУ	Кокшаров В.А.	Соглашение
	Иваново, IVA	ИвГУ	Малыгин А.А.	Соглашение
	Иркутск, IRK	ИГУ	Шмидт А.Ф.	Соглашение
	Казань, TA	КФУ	Таюрский Д.А.	Соглашение
	Кострома, KOS	КГУ	Казак М.А.	Соглашение
	Краснодар, KDA	КубГУ	Астапов М.Б.	Соглашение
	Москва, MOW	ВШЭ	Анисимов Н.Ю.	Соглашение
		МГТУ	Александров А.А.	Соглашение
		МГУ	Садовничий В.А.	Соглашение
		МИФИ	Шевченко В.И.	Соглашение
		МЭИ	Рогалев Н.Д.	Соглашение
		РУДН	Ястребов О.А.	Соглашение
	Новочеркасск, ROS	ЮРГПУ НПИ	Разорёнов Ю.И.	Соглашение
	Петр.-Камчатский	КамГУ	Израпил Р.И.	Соглашение
	Самара, SAM	СНИУ	Богатырев В.Д.	Соглашение
	Санкт-Петербург	СПбГПУ	Рудской А.И.	Соглашение
		СПбГУ	Кропачев Н.М.	Соглашение
			Овсянников Д.А.	Совместные работы
			Петросян Л.А.	Совместные работы
	Смоленск, SMO	СмолГУ	Кислякова Е.В.	Совместные работы
	Томск, TOM	ТГУ	Галажинский Э.В.	Соглашение
		ТПУ	Седнев Д.А.	Соглашение

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
	Тула, TUL	ТулГУ	Кравченко О.А.	Соглашение
	Якутск, SA	СВФУ	Николаев А.Н.	Соглашение
	Ярославль, YAR	ЯрГУ	Русаков А.И.	Соглашение
Сербия	Нови-Сад, VO	UNS	Крмар М.	Совместные работы
	Сремска Каменица, VO	Educons Univ.	Шиданин П.	Совместные работы
Тунис	Тунис	АААЭ	Дау М.	Соглашение
Узбекистан	Самарканд, SA	СамГУ	Умаров С.Я.	Соглашение
	Ташкент, TK	АН РУз	Мирзаев С.З.	Совместные работы
		ТашГТУ	Донаев С.Б.	Соглашение
ЮАР	Белвилл, WC	UWC	Волквин Т.	Совместные работы
	Претория, GT	UNISA	Лекала М.	Совместные работы
	Сомерсет-Уэст, WC	iThemba LABS	Нхуду Р.	Совместные работы
	Стелленбос, WC	SU	Вейнгард Ш.	Совместные работы

09-3-1117-2014

DIAS-TH
Дубненская международная школа современной теоретической физики

Руководитель темы: Пироженко И.Г.
Ректор DIAS-TH: Колганова Е.А.

Участвующие страны и международные организации:
Армения, Россия, Сербия, Чехия.

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**	**Пироженко И.Г.** **Колганова Е.А.**	09-3-1117-1-2024/2028

ЛТФ Антоненко Н.В., Баушев А.Н., Гнатич М., Давыдов Е.А., Джолос Р.В., Журавлев В.И., Исаев А.П., Иванов М.А., Калагов Г.А., Клименко О.П., Колганова Е.А., Лебедев Н.М., Мижишин Л., Осипов В.А., Савина М.В., Сидоров С.С., Соловцова О.П., Сорин А.С., 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 трёх школ по теоретической физике для студентов, аспирантов и молодых ученых:

– Зимняя школа DIAS-TH по квантовым эффектам в гравитации (председатель оргкомитета И.Г. Пироженко);

– Школа по фундаментальным взаимодействиям (председатели оргкомитета Н.В. Антоненко, Е.А. Колганова, О.В. Теряев);

– Международной летней школы «Передовые методы современной теоретической физики: интегрируемые и стохастические системы» (председатель оргкомитета М. Гнатич).

Проведение лекций и организация дискуссий и регулярных семинаров для студентов, аспирантов и сотрудников ОИЯИ.

Компьютерная обработка видеозаписей лекций, поддержка цифрового архива видеозаписей.

Поддержка Web-сайта DIAS-TH.

Сотрудничество по теме 1117

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
Армения	Ереван, ER	ННЛА	Манвелян Р.	Обмен визитами
			Нерсесян А.	Обмен визитами
Россия	Долгопрудный	МФТИ	Ахмедов Е.Т.	Обмен визитами
			Мусаев Э.Т.	Обмен визитами
	Казань, TA	КФУ	Сушков С.	Обмен визитами
	Москва, MOW	ВШЭ	Гриценко В.	Обмен визитами
		ГАИШ МГУ	Топоренский А.В.	Совместные работы
			Постнов К.А.	Совместные работы
		ИТЭФ	Морозов А.Ю. + 5 чел.	Обмен визитами
		МГУ	Гальцов Д. + 2 чел.	Обмен визитами
		МИАН	Арефьева И.Я. + 2 чел.	Обмен визитами
			Сергеев А.	Обмен визитами
		НИИЯФ МГУ	Боос Э.	Обмен визитами
			Тетерева Т.В.	Обмен визитами

Страна или МО	Город, регион	Институт	Участники	Статус
		Сколтех	Маршаков А.В.	Обмен визитами
		ФИАН	Данилов М.В.	Обмен визитами
			Барвинский А.	Обмен визитами
			Васильев М.А. + 2 чел.	Обмен визитами
			Пахлов П.Н.	Обмен визитами
	Новосибирск, NVS	НГУ	Долгов А.Д.	Обмен визитами
	Протвино, MOS	ИФВЭ	Борняков В.	Обмен визитами
	Санкт-Петербург	СПбГУ	Яковлев С.Л.	Обмен визитами
			Яревский Е.А.	Обмен визитами
	Саратов, SAR	СГУ	Смолянский С.А.	Обмен визитами
	Троицк, MOW	ИЯИ РАН	Бабичев Е.	Обмен визитами
			Горбунов Д.С. + 2 чел.	Обмен визитами
	Черноголовка	ИТФ РАН	Белавин А. + 2 чел.	Обмен визитами
			Каменщик А.	Обмен визитами
			Соколов В.	Обмен визитами
Сербия	Ниш, NI	Ун-т	Джорджевич Г.	Обмен визитами
Чехия	Прага, PR	CTU	Бурдик Ч. + 3 чел.	Обмен визитами

Алфавитный указатель: международное сотрудничество

Австралия

Канберра, ACT

ANU | Австралийский национальный университет | Australian National University | http://www.anu.edu.au/, 1137, 1131

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, W

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, 1151, 1146, 1100, 1126

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/, 1118, 1149-2, 1081, 1151, 1139

МОМ | Национальный центр онкологии Министерства Здравоохранения Азербайджанской Республики | National Cancer Center of Azerbaijan | http://mom.gov.az/, 1133

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, TR

UT | Тиранский университет | University of Tirana | http://www.unitir.edu.al/, 1146

Алжир

Сетиф

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/, 1136, 1137, 1138, 1087, 1150, 1147, 1077, 1119, 1107, 1131, 1037, 1139

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

ИХФ НАН РА /ICP NAS RA/ Институт химической физики имени А.Б. Налбандяна Национальной академии наук Республики Армения | Nalbandyan Institute of Chemical Physics of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia | https://ichph.am/ , 1131

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/, 1149-2, 1146

ННЛА /AANL/ Национальная лаборатория им. А. Алиханяна | A. Alikhanian National Laboratory | https://www.aanl.am/, 1065, 1129, 1149-2, 1137, 1138, 1066, 1081, 1083, 1087, 1088, 1077, 1119, 1107, 1037, 1117

РАУ /RAU/ Российско-Армянский университет | Russian-Armenian University | http://www.rau.am/, 1118, 1136, 1077

Бангладеш

Дакка, Dh

DU | Университет Дакки | University of Dhaka | https://du.ac.bd/, 1088

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/, 1135, 1136, 1081, 1086

ГГУ /GSU/ Учреждение образования "Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины" | EI "Francisk Skorina Gomel State University" | http://gsu.by/, 1135, 1081, 1086, 1119, 1131, 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/, 1146, 1077

Минск, MI

БГТУ /BSTU/ Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" | EI "Belarusian State Technological University" | http://www.belstu.by/, 1149-2, 1149-4, 1139

БГУ /BSU/ Учреждение образования "Белорусский государственный университет" | EI "Belarusian State University" | http://www.bsu.by/, 1065, 1144, 1146, 1107, 1131

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/, 1147, 1077

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/, 1137, 1119

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, 1118, 1135, 1136, 1137, 1081, 1151, 1086, 1144, 1119

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, 1151, 1130

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/, 1149-2, 1146

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, 1118, 1149-3, 1135, 1081, 1085, 1087, 1151, 1097, 1150, 1144, 1146, 1077, 1119, 1107, A004, 1126, 1139

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/, 1149-2, 1137, 1146, 1077

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, 1118, 1135, 1107

ОЭЛТ НАНБ /OELT NASB/ Государственное научно-производственное объединение "Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника" | SSPA "Optics, Optoelectronics and Laser Technology" | https://oelt.basnet.by/, 1130

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/, 1136, 1083

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

UCL | Лувенский католический университет | Catholic University of Louvain | http://uclouvain.be/, 1136, 1083, 1096

Монс, WHT

UMONS | Университет в Монсе | University of Mons | http://web.umons.ac.be/, 1083

Болгария*

Благоевград

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

MUP | Пловдивский медицинский университет | Medical University of Plovdiv | https://mu-plovdiv.bg/, 1107

PU | Пловдивский университет им. Паисия Хилендарского | Plovdiv University "Paisii Hilendarski" | https://uni-plovdiv.bg/, 1065, 1096, 1146, 1100

UFT | Университет пищевых технологий Пловдив | University of Food Technologies Plovdiv | http://uft-plovdiv.bg/, 1146

София

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/, 1149-2, 1146, 1077

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/, 1137, 1077

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/, 1118, 1149-2, 1135, 1136, 1138, 1066, 1083, 1087, 1146, 1100, 1126, 1139

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/, 1087, 1077

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/, 1149-2, 1137

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/, 1118, 1138, 1066, 1081, 1083, 1087, 1088, 1096, 1119, 1037, 1139

UCTM | Химико-технологический и металлургический университет | University of Chemical Technology and Metallurgy | https://uctm.edu/en/, 1149-2, 1097

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/, 1136, 1130

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

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

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

USP | Университет Сан-Паулу | University of São Paulo | http://www5.usp.br/, 1137, 1138, 1088

Санту-Андре, SP

UFABC | Федеральный университет ABC | Federal University of ABC | http://www.ufabc.edu.br/, 1138, 1088

Флорианополис, SC

UFSC | Федеральный университет Санта-Катарины | Federal University of Santa Catarina | http://ufsc.br/, 1136

Великобритания

Англия

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

Дарем, DUR

Ун-т /Univ./ Даремский университет | Durham University | http://www.dur.ac.uk/, 1138

Дарсбери, CHS

DL | 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 | 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/, 1135, 1088

Лондон, LND

IMPERIAL | Имперский колледж Лондон | Imperial College London | http://www.imperial.ac.uk/, 1135, 1138, 1083, 1099, 1144, 1100

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

Эгам, SRY

Royal Holloway | Лаборатория Вилсона Департамента физики Роял Холлоуэй | Лондонский университет Института ускорительных наук Джона Адамса | Wilson Laboratory of the Physics Department of Royal Holloway, University of London; John Adams Institute for Accelerator Science | https://www.royalholloway.ac.uk/, 1150

Шотландия

Глазго, GLG

U of G | Университет Глазго | University of Glasgow | http://www.gla.ac.uk/, 1138, 1085, 1096, 1097

Венгрия

Будапешт

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

ELTE | Будапештский Университет им. Лоранда Этвёша | Eötvös Loránd University | http://www.elte.hu/, 1135

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/, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1136, 1083, 1088

Дебрецен

ATOMKI | Институт ядерных исследований Венгерской академии наук | Institute for Nuclear Research of HUN-REN | http://www.atomki.hu/, 1136, 1083

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, 1146

Дананг, DN

DTU | Дюй Тан университет | Duy Tan University | https://duytan.edu.vn/, 1149-2

Ханой, HN

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/, 1147, 1131

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, 1129, 1149-2, 1135, 1137, 1146, 1130, 1100, 1147, 1139

ITT VAST | Институт тропических технологий Вьетнамской академии наук и технологий | Institute for Tropical Technology of the Vietnam Academy of Science and Technology| http://itt.vast.vn/, 1077

VINATOM | Институт атомной энергии Вьетнама | Vietnam Atomic Energy Institute of the Ministry of Science and Technology | https://vinatom.gov.vn/en/, 1077, 1139

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/, 1132

HCMUE | Хошиминский Государственный Педагогический Университет | Ho Chi Minh City University of Education | https://hcmue.edu.vn/en/ , 1119

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/, 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, 1149-4, 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/, 1136, 1138, 1085, 1088, 1096, 1126

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/, 1135, 1136, 1083, 1099

Ганновер, NI

LUH | Ганноверский университет имени Готфрида Вильгельма Лейбница | Gottfried Wilhelm Leibniz University of Hannover | http://www.uni-hannover.de/, 1138

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, 1136, 1085, 1088, 1130

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

TU Darmstadt | Дармштадтский технический университет | Technical University Darmstadt | http://www.tu-darmstadt.de/, 1136, 1088

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, 1138

Майнц, RP

JGU | Майнцкий университет им. Иоганна Гутенберга | Johannes Gutenberg University of Mainz | http://www.uni-mainz.de/, 1136, 1096, 1146, 1126

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 /Univ./ Тюбингенский университет Эберхарда и Карла | Eberhard Karls University of Tübingen | http://uni-tuebingen.de/, 1135, 1088, 1100

Фрайберг, SN

TUBAF | Технический университет Фрайбергская горная академия | Technical University Bergakademie of Freiberg | http://tu-freiberg.de/, 1085

Франкфурт-на-Майне, HE

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/, 1136, 1088

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/, 1135, 1081

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

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/, 1136, 1083

NKUA | Афинский национальный университет имени Каподистрии | National and Kapodistrian University of Athens | http://www.uoa.gr/, 1138, 1083, 1088

NTU | Афинский государственный технический университет | National Technical University of Athens | http://www.ntua.gr/, 1083

Янина

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, 1118, 1083, 1144, 1119

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

TSU | Тбилисский государственный университет им. Иванэ Джавахишвили | Ivane Javakhishvili Tbilisi State University | http://www.tsu.ge/, 1146, 1119

UG | Университет Грузии | University of Georgia | http://www.ug.edu.ge/, 1118, 1144, 1119

Дания

Копенгаген

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/, 1149-2, 1086, 1146, A003

Асуан, ASN

ASWU | Университет Асуана | Aswan University | http://www.aswu.edu.eg/, 1132

Гиза, GZ

CU | Каирский университет | Cairo University | http://cu.edu.eg/, 1149-2, 1136, 1137, 1146, 1119

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/, 1118, 1127, 1037, 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/, 1149-2, 1149-3, 1139

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, MNF

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

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/, 1138, 1085, 1086

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/, 1088, 1086

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, 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

Манипал, KA
MU | Университет Манипала | Manipal University | http://manipal.edu/, 1130

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

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/, 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/, 1136, 1066, 1083, 1088

Ченнай, TN
IIT Madras | Индийский технологический институт Мадрас | Indian Institute of Technology Madras | http://www.iitm.ac.in/, 1149-2

Шантиникетан, WB
Visva-Bharati | Университет Вишва-Бхарати | Visva-Bharati University | https://visvabharati.ac.in/, 1130

Эттимадаи, TN
Amrita Univ. | Амрита Вишва Видьяпитхам | Амрита Университет | Amrita Vishwa Vidyapeetham | Amrita University | https://www.amrita.edu/, 1135

Индонезия

Джакарта, JK
BRIN (LIPI) | Национальное агентство исследований и инноваций | The National Research and Innovation Agency | https://www.brin.go.id/en/, 1088

Иран

Зенджан

IASBS | Институт перспективных исследований в области фундаментальных наук | Institute for Advanced Studies in Basic Sciences | http://iasbs.ac.ir/, 1136, 1137

Исфахан

UI | Университет г. Исфахан | University of Isfahan | https://ui.ac.ir, 1138

Тегеран

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/, 1135, 1138, 1083

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, 1138, 1096

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-Комп., 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 | 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 | Национальный институт ядерной физики, отделение Болоньи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Bologna | http://www.bo.infn.it/, 1083, 1088

UniBo | Болонский университет | University of Bologna | http://www.unibo.it/, 1088

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 | 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 | 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 | Национальный институт ядерной физики, отделение Катании | National Institute for Nuclear Physics, Section of Catania | https://www.ct.infn.it/it/, 1088

INFN LNS | Национальный институт ядерной физики, Южная национальная лаборатория | National Institute for Nuclear Physics, National Laboratory of the South | http://www.lns.infn.it/, 1136, 1083

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/, 1149-2, 1136, 1088

Милан, MI

INFN | 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 | Национальный институт ядерной физики, отделение Неаполя | National Institute for Nuclear Physics, Section of Naples | http://www.na.infn.it/, 1135, 1136, 1083, 1096

Unina | Неаполитанский университет имени Фридриха II | University of Naples Federico II | http://www.unina.it/, 1099, 1130

Павия, PV

INFN | 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 | Национальный институт ядерной физики, отделение Падуи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Padua | http://www.pd.infn.it/, 1083, 1088, 1099

UniPd | Падуанский университет | University of Padua | http://www.unipd.it/, 1138, 1088

Перуджа, PG

INFN | Национальный институт ядерной физики, отделение Перуджи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Perugia | http://www.pg.infn.it/, 1083, 1096

Пиза, PI

INFN | 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 | Национальный институт ядерной физики, отделение Рима | National Institute for Nuclear Physics, Section of Rome | http://www.roma1.infn.it/, 1083, 1088, 1096

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 | 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 | 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 | Национальный институт ядерной физики, отделение Турина | National Institute for Nuclear Physics, Section of Turin | http://www.to.infn.it/, 1083, 1085, 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/, 1136, 1138, 1088

Феррара, FE

INFN | Национальный институт ядерной физики, отделение Феррары | National Institute for Nuclear Physics, Section of Ferrara | http://www.fe.infn.it/, 1096

Флоренция, FI

INFN | 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/, 1138, 1083, 1088, 1096, 1151

Эриче, TP

EMFCSC | Фонд Этторе Майорана и Центр научной культуры | Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture | http://www.ccsem.infn.it/, 1088

Казахстан

Алма-Ата, ALA

ИЯФ /INP/ Республиканское государственное предприятие "Институт ядерной физики" Министерства энергетики Республики Казахстан | Republic State Enterprise "Institute of Nuclear Physics" of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan | https://inp.kz/en, 1065, 1148, 1118, 1149-2, 1149-3, 1136, 1066, 1096, 1144, 1146, 1130, 1100, 1147, 1119, 1037

КазНУ /KazNU/ Казахский национальный университет им. аль-Фараби | Al-Farabi Kazakh National University | https://farabi.university/, 1149-2, 1136, 1138, 1139

НИИ ЭТФ КазНУ /IETP KazNU/ Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики Казахского национального университета им. аль-Фараби | Research Institute of Experimental and Theoretical Physics of Al-Farabi Kazakh National University Scientific | https://farabi.university/science/nii/34, 1119

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, 1146, 1130, 1119, 1131, 1139

НУ /NU/ Назарбаев университет | Nazarbayev University | https://nu.edu.kz/en, 1130, 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/, 1141

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

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, 1135, 1138, 1099

Дунгуань, GD

CSNS | Китайский источник расщепления нейтронов | China Spallation Neutron Source | https://english.ihep.cas.cn/csns/, 1149-2, 1146

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, 1129, 1135, 1136, 1066, 1130

LZU | Университет Ланьчжоу | Lanzhou University | https://en.lzu.edu.cn/, 1136

Наньчан, JX

NCU | Наньчанский Университет | Nanchang University | https://english.ncu.edu.cn/, 1138

Пекин, BJ

CIAE | Китайский институт атомной энергии | China Institute of Atomic Energy | http://www.ciae.ac.cn/, 1065, 1136, 1087, 1088, 1119

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, 1118, 1135, 1083, 1085, 1087, 1151, 1099, 1144

ITP CAS | Институт теоретической физики Китайской академии наук | Institute of Theoretical Physics of the Chinese Academy of Sciences | http://english.itp.cas.cn/, 1136

PKU | Пекинский университет | Peking University | https://english.pku.edu.cn/, 1136, 1083, 1146, 1130

Tsinghua | Университет Цинхуа | Tsinghua University | https://www.tsinghua.edu.cn/en/, 1065, 1137, 1083, 1099

UCAS | Университет Китайской академии наук | University of Chinese Academy of Sciences | https://english.ucas.edu.cn/, 1065, 1138, 1130

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

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

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, 1151

Циндао, SD

SDU | Шаньдунский университет, кампус в г. Циндао | Shandong University, Qingdao Campus | https://www.en.qd.sdu.edu.cn/, 1065

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/, 1065, 1088

SJTU | Шанхайский университет Цзяотун | Shanghai Jiao Tong University | https://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/ , 1099

Куба

Гавана

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

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, 1149-2, 1066, 1086

UH | Гаванский Университет | University of Havana | http://www.uh.cu/, 1146, 1077

Сан-Хосе-де-лас-Лахас

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

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

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/, 1149-4, 1146

Малайзия

Банги, SL

UKM | Национальный университет Малайзии | National University of Malaysia | https://www.ukm.my, 1144

Мальта

Мсида

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

Куэрнавака, MOR

UNAM | Филиал национального автономного университета Мексики | National Autonomous University of Mexico Campus Morelos | http://www.unam.mx/, 1129

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

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, 1118, 1136, 1066, 1088, 1146, 1119

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, 1132

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

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, 1149-2, 1137, 1087

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/, 1146, 1119

NRC NUM | Центр ядерных исследований Монгольского государственного университета | Nuclear Research Center of the National University of Mongolia | http://nrc.num.edu.mn/, 1146

NUM | Монгольский государственный университет | National University of Mongolia | http://www.num.edu.mn/, 1077, 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

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

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/, 1136, 1088

Борре

USN | Университет Юго-Восточной Норвегии, кампус Вестфолд | University of South-Eastern Norway, Vestfold Campus | https://www.usn.no/english/, 1088

Осло

UiO | Университет Осло | University of Oslo | http://www.uio.no/, 1136, 1088

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*

Белосток, PD

UwB | Университет в Белостоке | University of Bialystok | http://www.uwb.edu.pl/, 1149-2, 1138

Варшава, MZ

IEP WU | Институт экспериментальной физики Варшавского университета | Institute of Experimental Physics of Warsaw University | http://en.ifd.fuw.edu.pl/, 1085

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

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, 1146

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/, 1135, 1136, 1085, 1146

Познань, WP

AMU | Университет им. Адама Мицкевича в Познани | Adam Mickiewicz University in Poznań | http://www.amu.edu.pl/, 1146

Португалия

Авейру

UA | Университет г. Авейру | University of Aveiro | http://www.ua.pt/, 1138, 1085

Коимбра

UC | Коимбрский университет | University of Coimbra | http://www.uc.pt/, 1135

Лиссабон

LIP | Лаборатория приборостроения и экспериментальной физики частиц | Laboratory of Instrumentation and Experimental Particle Physics | http://www.lip.pt/, 1085

Республика Корея

Инчхон

Inha | Университет Инха | Inha University | https://eng.inha.ac.kr/, 1088

Каннын

GWNU | Национальный университет Каннын-Вонджу | Gangneung-Wonju National University | http://www.gwnu.ac.kr/, 1088

Кванджу

CNU | Национальный университет Чоннам | Chonnam National University | http://www.jnu.ac.kr/, 1083

Пусан

PNU | Пусанский национальный университет | Pusan National University | http://www.pusan.ac.kr/, 1088

Сеул

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/, 1136, 1083
Yonsei Univ. | Университет Ёнсе | Yonsei University | https://www.yonsei.ac.kr/, 1136, 1083, 1088

Тэджон

IBS | Институт фундаментальных наук | Institute for Basic Science | http://www.ibs.re.kr/, 1136, 1138, 1130
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

JBNU | Национальный университет Чонбук | Jeonbuk National University | https://www.jbnu.ac.kr/en, 1136, 1088

Чхонджу

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/, 1146, 1126, 1139
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, 1150, 1139

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/, 1135, 1136, 1137, 1077, 1119, A003, 1139

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, 1118, 1081, 1087, 1146, 1119, 1107, 1139

Воронеж, VOR

ВГУ /VSU/ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный университет" | Voronezh State University | http://www.vsu.ru/, 1118, 1138, 1146, 1130, 1100, 1119, 1139

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, 1118, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1136, 1085, 1087, 1151, 1150, 1146, 1100, 1119

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/, 1143

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, 1134

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, 1149-2, 1149-3, 1136, 1138, 1066, 1151, 1097, 1146, 1107, 1131, 1139, 1117

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

Дубна, MOS

ГУ "Дубна" /Uni Dubna/ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Университет "Дубна" | Dubna State University | http://www.uni-dubna.ru/, 1118, 1149-2, 1149-3, 1135, 1099, 1146, 1100, 1119, 1139

Диамант /Diamant/ Общество с ограниченной ответственностью "Диамант" | LLC "Diamant" | https://diamant-sk.com/, 1146

ИПИ "Омега" /IAS "Omega"/ Общество с ограниченной ответственностью "Институт перспективных исследований "Омега" | LLC "IAS "Omega" | http://dubna-oez.ru/, 1150, 1107

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/, 1150, 1107

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, 1119, 1107

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/, 1149-2, 1146, 1139

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/, 1144

ИГХТУ /ISUCT/ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановский государственный химико-технологический университет" | Ivanovo State University of Chemistry and Technology | http://isuct.ru/, 1146, 1131

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/, 1148, 1135, 1099, 1139

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" | Joint-Stock Company "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/, 1149-2, 1149-3, 1138, 1139, 1117

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, 1149-2, 1077

Калининград, KGD

БФУ /IKBFU/ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта" | Immanuel Kant Baltic Federal University | http://www.kantiana.ru/, 1149-2, 1146

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/, 1145

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

"Фомос-Материалы" /"Fomos-Materials"/ Открытое акционерное общество "Фомос-Материалы" | JSC "Fomos-Materials" | http://newpiezo.com/, 1086

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/, 1065, 1118, 1137, 1138, 1151, 1119, 1037, 1139, 1117

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/, 1138, 1077, 1117

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/, 1149-2, 1146

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/, 1136

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/, 1149-2, 1077

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/, 1146, 1077, 1127

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/, 1149-2, 1146

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/, 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

ИНХС РАН /TIPS RAS/ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук | A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis of the Russian Academy of Sciences | http://www.ips.ac.ru/, 1131

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/, 1149-2, 1107, 1131

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, 1135, 1138, 1066, 1081, 1087, 1146, 1100, 1119, 1107, 1131, 1117

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

ККЦиФ/КС 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/, 1127

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/, 1137

МГМУ /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

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, 1118, 1149-2, 1136, 1137, 1138, 1081, 1087, 1146, 1130, 1100, 1147, 1077, 1132, 1119, 1131, A002, A004, 1127, 1139, 1117

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/, 1138, 1117

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, 1149-2, 1146, 1119

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, 1148, 1118, 1149-2, 1136, 1066, 1087, 1100, 1119, 1107, A003, 1126, 1139

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

МНРХУ /IASRWA/ 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

НИВЦ МГУ /RCC MSU/ Научно-исследовательский вычислительный центр Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова | Research Computing Center Lomonosov Moscow State University | https://rcc.msu.ru/, 1118, 1119

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, 1148,

1118, 1149-2, 1135, 1136, 1086, 1099, 1146, 1130, 1119, 1107, 1117

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, 1118, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1136, 1087, 1097, 1146, 1130, 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

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/, 1149-2, 1077

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

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/, 1138

РНИМУ /RSMU/ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации | N.I. Pirogov Russian National Research Medical University | https://rsmu.ru/, 1131

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/, 1118, 1136, 1137, 1119, 1107, 1131, 1037, 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

Сколтех /Skoltech/ Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования "Сколковский институт науки и технологий" | Skolkovo Institute of Science and Technology | https://www.skoltech.ru/, 1138, 1117

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, 1138, 1087, 1097, 1150, 1099, 1146, 1100, 1119, 1117

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/, 1149-2, 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, 1131, 1127

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

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/, 1149-2, 1146, 1100

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/, 1148, 1100

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/, 1137, 1146, 1131, 1126

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, 1118, 1135, 1085, 1151, 1144

НГУ /NSU/ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" | Novosibirsk State University | http://www.nsu.ru/, 1135, 1138, 1144, 1117

НИИКЭЛ /RICEL/ Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук" | Research Institute of Clinical and

Experimental Lymphology – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences | https://www.niikel.ru/, 1132

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/, 1149-4, 1146

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, 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/, 1128

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, 1118, 1135, 1137, 1138, 1066, 1081, 1085, 1087, 1086, 1126, 1117

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

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/, 1118, 1087, 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/, 1129, 1127

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/, 1137, 1138

ПСПбГМУ /PFSPSMU/ Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова | Pavlov First Saint Petersburg State Medical University | https://www.1spbgmu.ru/, 1147

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/, 1146, 1130

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/ , 1130

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

СПбГПУ /SPbSPU/ 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, 1086, 1150, 1139

СПбГУ /SPbSU/ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет" | Saint Petersburg State University | http://spbu.ru/, 1065, 1118, 1136, 1137, 1066, 1130, 1119, 1107, 1139, 1117

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/, 1129

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/, 1118, 1037

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/, 1149-2, 1146, 1130

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 /SGU/ 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/, 1136, 1137, 1119, 1117

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/, 1150, 1130, 1100

Филиал МГУ /MSU Branch/ Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Сарове | Branch of Lomonosov Moscow State University in Sarov | https://sarov.msu.ru/, 1119

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, 1126

ТГУ /TSU/ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Томский государственный университет" | National Research Tomsk State University | http://www.tsu.ru/, 1065, 1129, 1119, 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, 1149-2, 1136, 1137, 1138, 1087, 1150, 1119, 1107, 1139

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, 1148, 1118, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1135, 1136, 1138, 1087, 1088, 1097, 1099, 1146, 1130, 1119, 1117

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/, 1149-2, 1146, 1119, 1139

Тюмень, TYU

ТюмГУ /UTMN/ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский государственный университет" | University of Tyumen | https://www.utmn.ru/, 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/, 1118, 1149-2, 1077, 1119

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/, 1135, 1138, 1117

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/, 1149-2, 1086, 1131

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/, 1146

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, 1147

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/, 1149-2, 1146

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/, 1149-3, 1136, 1087, 1088, 1096, 1146

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/, 1149-2, 1149-4, 1097, 1146

UB | Бухарестский университет | University of Bucharest | http://www.unibuc.ro/, 1149-2, 1136, 1137, 1087, 1146

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/, 1149-2, 1149-3, 1146

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/, 1149-2, 1149-3, 1136

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/, 1146

Мэгуреле, IF

ISS | Институт космических исследований | Institute of Space Science | https://www.spacescience.ro/, 1087, 1088, 1099, 1146

Орадя, BH

UO | Университет Орадя | University of Oradea | http://www.uoradea.ro/, 1146

Питешть, AG

ICN | Институт ядерных исследований в Питешти | Institute for Nuclear Research - Piteşti | http://www.nuclear.ro/, 1146

UPIT | Государственный университет Питешти | University of Piteşti | http://www.upit.ro/, 1149-2

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

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

ICT | Химический институт им. Кориолана Драгулеску | "Coriolan Drăgulescu" Institute of Chemistry | http://acad-icht.tm.edu.ro/, 1149-2

UVT | Западный университет Тимишоара | West University of Timişoara | http://www.uvt.ro/, 1149-2, 1137, 1146

Тырговиште, DB

VUT | Университет "Валахия" в Тырговиште | "VALAHIA" University of Târgovişte | http://www.valahia.ro/, 1149-2, 1149-3, 1146

Яссы, IS

NIRDTP | Национальный научно-исследовательский институт технической физики | National Institute of Research and Development for Technical Physics | http://www.phys-iasi.ro/, 1149-2, 1146

TUIASI | Ясский технический университет им. Георге Асаки | "Gheorghe Asachi" Technical University of Iaşi | http://www.tuiasi.ro/, 1149-2

UAI | Университет "Аполлония" в Яссах | University "Apollonia" of Iaşi | http://univapollonia.ro/, 1149-2

UAIC | Ясский университет им. А. И. Кузы | "Alexandru Ioan Cuza" University of Iaşi | http://www.uaic.ro/, 1149-2, 1146

Северная Македония

Скопье

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

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

UB | Белградский университет | University of Belgrade | http://www.bg.ac.rs/, 1138, 1146, 1147, 1077, 1119

VINCA | Институт ядерных наук "Винча" | "Vinca" Institute of Nuclear Sciences | http://www.vin.bg.ac.rs/, 1065, 1129, 1149-2, 1135, 1137, 1066, 1083, 1146, 1077, 1131

Крагуевац, KG

UniKg | Крагуевацкий университет | University of Kragujevac | https://en.kg.ac.rs/, 1077

Ниш, NI

Ун-т /Univ./ Нишский университет | University of Niš | https://www.ni.ac.rs/en, 1138, 1117

Нови-Сад, VO

UNS | Нови-Садский университет | University of Novi Sad | http://www.uns.ac.rs/, 1129, 1149-2, 1066, 1146, 1126, 1139

Сремска Каменица, VO

Educons Univ. | Университет Эдуконс | Educons University | https://educons.edu.rs/, 1148

Словакия*

Банска-Бистрица, BC

UMB | Университет Матея Бела | Matej Bel University | http://www.umb.sk/, 1086

Братислава, BL

CU | Университет им. Коменского в Братиславе | Comenius University in Bratislava | http://uniba.sk/, 1148, 1135, 1136, 1137, 1081, 1088, 1096, 1099, 1146, 1100, 1077

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/, 1135, 1136, 1066, 1081, 1087, 1097

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/, 1149-2, 1137, 1088, 1097

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, 1137, 1066, 1087, 1088, 1097, 1119

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

Нова-Дубница, TC

EVPU | АО "Электротехническая проектно-исследовательская компания" г. Нова Дубница | Electrotechnical Research and Projecting Company Nová Dubnica, j.s.c. | http://www.evpu.sk/, 1065

Словения

Любляна

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

Амхерст, MA

UMass | Университет шт. Массачусетс в Амхерсте | University of Massachusetts Amherst | https://www.umass.edu/, 1100

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

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/, 1066, 1088

UC | Университет шт. Калифорния | University of California | http://www.universityofcalifornia.edu/, 1149-2, 1088

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

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

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/, 1138, 1083

Колумбус, OH

OSU | Университет шт. Огайо | Ohio State University | http://www.osu.edu/, 1083, 1088

Корал Габлс, FL

UM | Университет Майами | University of Miami | http://welcome.miami.edu/, 1138

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 | http://www.nd.edu/, 1136, 1083

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, 1066

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/, 1137, 1083, 1099

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

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/, 1083, 1100

Уэйко, TX
BU | Бэйлорский университет | Baylor University | http://www.baylor.edu/, 1135, 1083

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

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/, 1136, 1066

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
KMUTT | Технологический университет короля Монгкута Тонбури | King Mogkut's University of Technology Thonburi | https://global.kmutt.ac.th/, 1088

Накхонратчасима
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
PSU | Университет принца Сонгкла | Prince of Songkla University | http://www.psu.ac.th/, 1146

Чаченгсау
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

ААЭА | Арабское агентство по атомной энергии | Arab Atomic Energy Agency | http://www.aaea.org.tn/, 1139

Турция

Адана

CU | Университет Чукурова | Çukurova University | http://www.cu.edu.tr/, 1083

Анкара

METU | Ближневосточный технический университет | Middle East Technical University | http://www.metu.edu.tr/, 1083, 1099

Бандырма, IDF

BANÜ | Университет Бандырма Оньеди Эйлюль | Bandırma Onyedi Eylül Üniversites | https://www.bandirma.edu.tr/, 1146

Конья

Karatay Univ. | Университет Каратай | KTO Karatay University | https://www.karatay.edu.tr/, 1088

Стамбул, IDF

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, IDF

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

Самарканд, SA

СамГУ /SamSU/ Самаркандский государственный университет им. Шарофа Рашидова | Samarkand State University named after Sharof Rashidov | https://www.samdu.uz/, 1136, 1087, 1151, 1139

Ташкент, TK

АН РУз /AS RUz/ Академия наук Республики Узбекистан | Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan | http://www.academy.uz/, 1118, 1119, 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/, 1131

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/, 1118, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1136, 1146, 1100, 1077, 1119, 1107, 1127

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, 1136, 1087, 1146, 1119

Финляндия

Йювяскюля

UJ | Университет Йювяскюля | University of Jyväskylä | http://www.jyu.fi/, 1088

Лаппеэнранта

LUT | Технологический университет Лаппеэнранта | Lappeenranta-Lahti University of Technology | https://www.lut.fi/, 1083

Оулу

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

HIP | Хельсинский институт физики | Helsinki Institute of Physics | http://www.hip.fi/, 1135, 1083, 1088

UH | Хельсинский университет | University of Helsinki | http://www.helsinki.fi, 1137, 1083

Франция

Бордо, NAQ

LP2i | Физическая лаборатория двух бесконечностей Бордо | Laboratoire de Physique des Deux Infinis de Bordeaux | https://www.lp2ib.in2p3.fr/, 1100

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/, 1149-2, 1149-4, 1146, 1100

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/, 1135, 1083, 1088, 1097, 1119

LLB | Лаборатория Леона Бриллюэна | Léon Brillouin Laboratory CEA-CNRS | http://www-llb.cea.fr/, 1149-2, 1146

Кан, PAC

GANIL | Национальный большой ускоритель тяжелых ионов | Grand National Heavy Ion Accelerator | http://www.ganil-spiral2.eu/, 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, 1118, 1096

CPT | Центр теоретической физики | Centre of Theoretical Physics | http://www.cpt.univ-mrs.fr/, 1137, 1138

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/, 1138, 1066, 1088

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/, 1136, 1081, 1088, 1097, 1130, 1100

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, PAC

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

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/, 1135, 1083, 1088, 1146

UNIZIG | Загребский университет | University of Zagreb | https://www.unizg.hr/homepage/, 1088

Сплит

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/, 1118, 1138, 1081, 1083, 1085, 1087, 1088, 1096, 1099, 1146, 1119

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/, 1148, 1149-2, 1138, 1085, 1146, 1100, 1126, 1117

CU | Карлов университет в Праге | Charles University in Prague | http://www.cuni.cz/, 1136, 1085, 1099, 1144, 1100

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/, 1149-4

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/, 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/, 1149-2, 1083, 1151, 1146, 1100

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

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/, 1136, 1088

Стокгольм, AB

KTH | Королевский технологический институт | Royal Institute of Technology | http://www.kth.se/, 1135

Уппсала, C

TSL | Лаборатория Сведберга Уппсальского университета | Svedberg Laboratory of the Uppsala University | http://www.tsl.uu.se/, 1097

Шри-Ланка

Моратува

UOM | Университет Моратува | University of Moratuwa | https://uom.lk/, 1088

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

ЮАР

Белвилл, WC

UWC | Университет Западной Капской провинции | University of the Western Cape | http://www.uwc.ac.za/, 1146, 1077, 1131, 1139

Гцгебеха (Порт-Элизабет), 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

WITS | Университет Витватерсранда | University of the Witwatersrand | http://www.wits.ac.za/, 1136, 1088

Кейптаун, WC

UCT | Кейптаунский университет | University of Cape Town | http://www.uct.ac.za/, 1118, 1088, 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/, 1137, 1146, 1130, 1131, 1139

UP | Преторийский университет | University of Pretoria | http://up.ac.za/, 1149-2, 1149-4, 1136, 1131

Ричардс-Бей, NL

UNIZULU | Университет Зулуленда | University of Zululand | https://www.unizulu.ac.za/, 1130

Сомерсет-Уэст, WC

iThemba LABS | Лаборатория ускорительных научных исследований iThemba | iThemba Laboratory for Accelerator Based Sciences | http://www.tlabs.ac.za/, 1065, 1129, 1136, 1088, 1130, 1077, 1119, 1107, 1131, 1127, 1037, 1139

Стелленбос, WC

SU | Стелленбосский университет | Stellenbosch University | http://www.sun.ac.za/, 1065, 1129, 1136, 1146, 1107, 1131, 1139

Тхохояндоу, LP

UNIVEN | Университет Венда | University of Venda | https://www.univen.ac.za/, 1130

Фандербейлпарк, GT

VUT | Ваальский Технологический Университет | Vaal University of Technology | https://www.vut.ac.za, 1129, 1131

Япония

Вако

RIKEN | Институт физико-химических исследований RIKEN | RIKEN Institute of Physical and Chemical Research | https://www.riken.jp/, 1088, 1097

Киото

KSU | Университет Киото Сангё | Kyoto Sangyo University | http://www.kyoto-su.ac.jp/, 1146

Кобе

Kobe Univ. | Университет Кобе | Kobe University | http://www.kobe-u.ac.jp/, 1136

Мориока

Iwate Univ. | Университет Иватэ | Iwate University | http://www.iwate-u.ac.jp/, 1136

Нагасаки

NIAS | Институт прикладных наук Нагасаки | Nagasaki Institute of Applied Sciences | https://nias.ac.jp/, 1088

Нагоя

Nagoya Univ. | Нагойский университет | Nagoya University | http://www.nagoya-u.ac.jp/, 1099

Нара

NWU | Нарский Женский университет | Nara Women's University | https://www.nara-wu.ac.jp/nwu/en/, 1088

Окинава

OIST | Окинавский институт науки и технологий | Okinawa Institute of Science and Technology | https://www.oist.jp, 1138

Осака

RCNP | Исследовательский центр ядерной физики Университета Осаки | Research Center for Nuclear Physics of Osaka University | http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/, 1136, 1088

UOsaka | Осакский университет | Osaka University | http://www.osaka-u.ac.jp/, 1136, 1144, 1100

Сага

Saga Univ. | Сага университет | Saga University | http://www.saga-u.ac.jp/, 1088

Сендай

IMRAM | Институт междисциплинарных исследований перспективных материалов, Университет Тохоку | Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University | https://www2.tagen.tohoku.ac.jp/en/, 1136, 1119

Токай

JAEA | Агентство по атомной энергии Японии | Japan Atomic Energy Agency | http://www.jaea.go.jp/, 1088, 1099

Токио

Keio Univ. | Университет Кэйо в Минато | Мита кампус | Keio University in Minato | Mita Campus | http://www.keio.ac.jp/, 1149-2, 1138

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 | Токийский университет | University of Tokyo | http://www.u-tokyo.ac.jp/, 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

UU | Университет Уцуномии | Utsunomiya University | http://www.utsunomiya-u.ac.jp/, 1137

Фукуока

Kyushu U | Университет Кюсю | Kyushu University | http://www.kyushu-u.ac.jp/, 1099, 1144

Хиросима

HU | Университет Хиросимы | Hiroshima University | http://www.hiroshima-u.ac.jp/, 1088

Цукуба

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

WERC | Центр энергетических исследований Вакаса Ван | Wakasa Wan Energy Research Centre | https://www.werc.or.jp/, 1100

Ямагата

YU | Университет Ямагата | Yamagata University | http://www.yamagata-u.ac.jp/, 1085