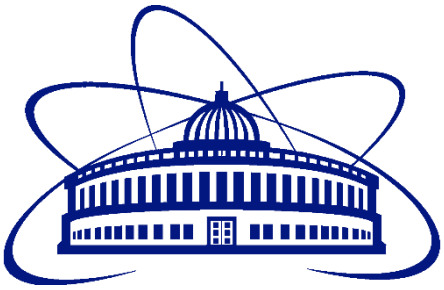

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ И МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА 2025 ГОД

Дубна 2024

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

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

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. Образовательная программа.

** 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

© ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Дубна, 2024

Содержание

Перечень проектов и подпроектов…… 6
Крупная научно-исследовательская инфраструктура ОИЯИ 11
02-1-1065-2007/2026 12
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
Кекелидзе В.Д., Сорин А.С., Трубников Г.В.
02-2-1148-2010/2028 25
Baikal-GVD. Байкальский глубоководный нейтринный телескоп гигатонного объема
Белолаптиков И.А.
06-6-1118-2014/2030 27
МИВК. Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс
Кореньков В.В., Шматов С.В
03-5-1129-2017/2028 35
DRIBs-III. Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР
Калагин И.В., Сидорчук С.И.
04-4-1149-2024/2028 38
Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров
Лычагин Е.В.

Теоретическая физика (01) 59
01-3-1135-2019 60
Фундаментальные взаимодействия полей и частиц
Казаков Д.И., Теряев О.В.
01-3-1136-2019 72
Теория ядерных систем
Антоненко Н.В., Джиоев А.А., Ершов С.Н.
01-3-1137-2019 82
Теория сложных систем и перспективных материалов
Осипов В.А., Поволоцкий А.М.
01-3-1138-2019 90
Современная математическая физика: интегрируемость, гравитация и суперсимметрия
Исаев А.П., Кривонос С.О.

Физика элементарных частиц и физика тяжелых ионов высоких энергий (02) 99
Участие в международных экспериментах 100
02-1-1066-2007 100
Исследование свойств ядерной материи и структуры частиц на коллайдере релятивистских ядер и поляризованных протонов
Ледницки Р., Панебратцев Ю.А.
02-2-1081-2009 106
ATLAS. Модернизация установки и физические исследования на LHC
Бедняков В.А., Елецких И.В.
02-1-1083-2009 110
CMS. Компактный мюонный соленоид на LHC
Каржавин В.Ю.
02-2-1085-2009 116
Экспериментальная проверка фундаментальных основ КХД
Гуськов А.В.
02-1-1087-2009 119
Исследования по физике релятивистских тяжелых и легких ионов на ускорительных комплексах Нуклотрон-M/NICA ОИЯИ и SPS ЦЕРН
Малахов А.И., Афанасьев С.В.
02-1-1088-2009 126
ALICE. Исследование взаимодействий пучков тяжелых ионов и протонов на LHC
Водопьянов А.С.

02-1-1096-2010 132
Изучение редких распадов заряженных каонов и поиск темного сектора в экспериментах на SPS ЦЕРН
Кекелидзе В.Д.
02-2-1151-2025 135
Разработка перспективных детекторов и методов анализа, адронные и редкие лептонные процессы
Давыдов Ю.И.

Эксперименты на ускорительном комплексе NICA..... 139
02-1-1086-2009 139
Странность в адронной материи и исследование неупругих реакций вблизи кинематических границ
Строковский Е.А., Кокоулина Е.С., Кривенков Д.О.
02-1-1097-2010 144
Изучение поляризационных явлений и спиновых эффектов на ускорительном комплексе
Нуклотрон-М/NICA ОИЯИ
Строковский Е.А.
02-1-1150-2025 149
Фундаментальные и прикладные исследования в физике на пучках релятивистских частиц
Балдин А.А.

Нейтринная физика и астрофизика..... 154
02-2-1099-2010 154
Изучение нейтринных осцилляций и астрофизичские исследования
Наумов Д.В., Ольшевский А.Г.
02-2-1144-2021…….. 158
Поиск новой физики в лептонном секторе
Цамалаидзе З.

Ядерная физика (03) 161
03-4-1146-2024 162
Нейтронная ядерная физика
Копач Ю.Н., Седышев П.В., Швецов В.Н.
03-5-1130-2017 173
Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности
Сидорчук С.И.
03-2-1100-2010 177
Неускорительная нейтринная физика и астрофизика
Якушев Е.А., Розов С.В.

Физика конденсированных сред (04) 185
04-4-1147-2024 186
Оптические методы в исследованиях конденсированных сред
Арзуманян Г.М., Кучерка Н.

Радиационные исследования в науках о жизни (05) 189
05-7-1077-2009 190
Исследования биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками
Бугай А.Н., Красавин Е.А.
05-2-1132-2017 197
Исследование молекулярно-генетических механизмов адаптаций экстремофильных организмов
Кравченко Е.В.

Информационные технологии (06) 201
06-6-1119-2014 202
Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных
Шматов С.В., Чулуунбаатар О.

Прикладная инновационная деятельность (07) **213**
07-1-1107-2011 214
Прикладные исследования на комплексе NICA для задач радиационного материаловедения, наук о жизни и новых методов генерации энергии
Белов О.В., Сыресин Е.М
07-5-1131-2017 221
Радиационное материаловедение, нанотехнологические и биомедицинские исследования с пучками тяжелых ионов
Дмитриев С.Н., Апель П.Ю.
07-1-A001-2025/2027 226
Создание линейки высоковольтных источников питания и коммутаторов напряжения для экспериментальных установок
Понкин Д.О.
07-2-A002-2025/2028 227
Разработка систем измерения оксигенации глубоких тканей методом диффузионной оптики во временном домене (TD-DO)
Селюнин А.С.
07-2-A003-2025/2028 228
Разработка микро-ОФЭКТ систем для прецизионной визуализации в условиях модельных биологических экспериментов
Рожков В.А.
07-4-A004-2025/2028 230
Тестирование нейротоксичности и оценка накопления контрастирующих агентов, наночастиц и иных соединений на животных моделях в формате TaaS
Зиньковская И.
07-5-A005-2025/2028 232
Многофункциональная препаративная система тангенциальной фильтрации
Виноградов И.И.

Физика и техника ускорителей заряженных частиц (08) **235**
08-2-1126-2015 236
Развитие научной инфраструктуры ЛЯП для проведения исследований с применением полупроводниковых детекторов, лазерной метрологии, электронов, позитронов и криогенной техники
Глаголев В.В., Шелков Г.А.
08-2-1127-2016 243
Перспективные разработки систем ускорителей и коллайдеров нового поколения для фундаментальных и прикладных целей
Трубников Г.В., Ширков Г.Д., Гикал Б.Н.

Организация научной деятельности и международного сотрудничества. Укрепление кадрового потенциала. Образовательная программа (09) **247**
09-8-1037-2001 248
Аналитические и методические разработки для организации научных исследований и международного сотрудничества по основным направлениям развития ОИЯИ
Матвеев В.А., Неделько С.Н., Куликов О.-А.
09-9-1139-2019 251
Научно-образовательные программы подготовки высококвалифицированных кадров
Каманин Д.В., Верхеев А.Ю.
09-3-1117-2014 258
DIAS-TH. Дубненская международная школа современной теоретической физики
Пироженко И.Г

Алфавитный указатель: международное сотрудничество **261**

Перечень проектов и подпроектов
Проблемно-тематического плана ОИЯИ на 2025 год

	Шифр проекта (подпроекта)*	Наименование проекта (подпроекта) (Руководитель проекта)
	Крупная научно-исследовательская инфраструктура ОИЯИ	
1.	02-1-1065-1-2011/2027	Нуклотрон-NICA (Бутенко А.В., Ходжибагиян Г.Г.)…….……13
2.	02-1-1065-2-2012/2026	BM@N (Капишин М.Н.)…….……...16
3.	02-1-1065-3-2011/2025	MPD (Головатюк В.М., Кекелидзе В.Д.)…….…….17
4.	02-1-1065-4-2020/2029	SPD (Гуськов А.В.)…….……19
5.	02-2-1148-1-2010/2028	Baikal-GVD (Белолаптиков И.А.)..……...……...…25
6.	06-6-1118-1-2014/2030	МИВК. Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (Кореньков В. В., Шматов С.В.)…….…...27
7.	03-5-1129-1-2024/2028	Создание ускорительного комплекса У-400Р (Калагин И.В., Попеко А.Г.)….……35
8.	03-5-1129-2-2024/2028	Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов (Сидорчук С.И.)……...…36
9.	04-4-1149-1-2011/2028	Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей (Виноградов А.В., Долгих А.В.)…….……...39
10.	04-4-1149-1-1-2014/2025*	Создание комплекса криогенных замедлителей реактора ИБР-2 (Беляков А.А., Булавин М.В.)…….…….…..40
11.	04-4-1149-2-2021/2028	Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов (Козленко Д.П., Аксенов В.Л., Балагуров А.М.)…….……41
12.	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.)....43
13.	04-4-1149-2-2-2021/2028*	Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии BJN (Байорек-Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2 (Худоба Д.М.)…….……...44
14.	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.)…….……49
15.	04-4-1149-3-1-2021/2028*	Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР-А) для дифрактометра ФДВР (Милков В.М.)…….…...51
16.	04-4-1149-3-2-2024/2028*	Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами (Черников А.Н.)..52
17.	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.)…….……..52
18.	04-4-1149-4-2021/2028	Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ (Лычагин Е.В., Швецов В.Н., Булавин М.В.)……...55
19.	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 (Лычагин Е.В., Швецов В.Н., Булавин М.В.)……...…56
	Теоретическая физика (01)	
20.	01-3-1135-1-2024/2028	Квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели (Казаков Д.И., Бедняков А.В.)……...60
21.	01-3-1135-2-2024/2028	КХД и структура адронов (Аникин И.В., Михайлов С.В., Теряев О.В.)……...62
22.	01-3-1135-3-2024/2028	Феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика (Коробов В.И., Иванов М.А.)…….65
23.	01-3-1135-4-2024/2028	Теория адронной материи при экстремальных условиях (Брагута В.В., Коломейцев Е.Е., Неделько С.Н.)…….66
24.	01-3-1135-5-2024/2028	Теория электрослабых взаимодействий и физика нейтрино (Арбузов А.Б., Наумов В.А.)……..67

25. 01-3-1136-1-2024/2028 Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики (Джиоев А.А.)……..…...72
26. 01-3-1136-2-2024/2028 Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем (Ершов С.Н., Адамян Г.Г.)……..…...74
27. 01-3-1136-3-2024/2028 Квантовые системы нескольких частиц (Мотовилов А.К., Мележик В.С.)….…….75
28. 01-3-1136-4-2024/2028 Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы (Бондаренко С.Г., Ларионов А.Б.)…….……..…76
29. 01-3-1137-1-2024/2028 Сложные материалы (Аницаш Е.М.)…….…..……..82
30. 01-3-1137-2-2024/2028 Математические модели статистической физики сложных систем (Поволоцкий А.М.)…….……83
31. 01-3-1137-3-2024/2028 Наноструктуры и наноматериалы (Осипов В А., Кочетов Е.А.)…….…...85
32. 01-3-1137-4-2024/2028 Методы квантовой теории поля в сложных системах (Гнатич М.)…….…...86
33. 01-3-1138-1-2024/2028 Интегрируемые системы и симметрии (Исаев А.П., Кривонос С.О., Тюрин Н.А.)….90
34. 01-3-1138-2-2024/2028 Суперсимметрия, высшие спины, гравитация (Иванов Е.А., Федорук С.А.)…….....91
35. 01-3-1138-3-2024/2028 Квантовая гравитация, космология и струны (Пироженко И.Г., Фурсаев Д.В.)…...93

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

Участие в международных экспериментах

36. 02-1-1066-1-2010/2026 STAR (Панебратцев Ю.А., Ледницки Р.) ……..100
37. 02-2-1081-1-2010/2025 ATLAS. Физические исследования на LHC (Бедняков В.А., Елецких И.В.)…..…106
38. 02-1-1081-2-2013/2025 Модернизация детектора ATLAS (Чеплаков А.П., Гонгадзе А.)……..……..108
39. 02-1-1083-1-2010/2025 CMS. Физические исследования на LHC (Каржавин В.Ю.)……..…..110
40. 02-1-1083-2-2014/2026 Модернизация детектора CMS (Каржавин В.Ю.)……..111
41. 02-2-1085-1-2007/2028 BESIII (Денисенко И.И.)…….……..…...116
42. 02-2-1085-2-2024/2026 NA66 / AMBER (Гуськов А.В.).…….…....117
43. 02-1-1087-1-2012/2026 NA61 / SHINE (Малахов А.И.)……...……...119
44. 02-1-1087-2-2017/2027 СКАН-3 (Афанасьев С.В.)……120
45. 02-1-1088-1-2010/2025 ALICE (Водопьянов А.С.)…….……126
46. 02-1-1096-1-2010/2027 NA62 (Кекелидзе В.Д.)…….…….132
47. 02-1-1096-2-2017/2026 NA64 (Матвеев В.А., Пешехонов Д.В.)…….……..133
48. 02-2-1151-1-2025/2025 Развитие методики регистрации частиц в будущих экспериментах с участием ОИЯИ (Давыдов Ю.И.)…….…135

Эксперименты на ускорительном комплексе NICA

49. 02-1-1086-1-2025/2029 HyperNIS-SRC. Странность в гиперядрах и короткодействующие двухнуклонные корреляции (Кривенков Д.О., Лукстиньш Ю.)……..139
50. 02-1-1097-1-2010/2027 АЛПОМ-2 (Пискунов Н.М.)…….……144
51. 02-1-1097-2-2010/2027 DSS (Ладыгин В.П.)……..……..145
52. 02-1-1150-1-2025/2029 FLAP. Фундаментальная и прикладная физика с использованием пучков релятивистских ускоренных электронов (Балдин А.А.)……..……..149

Нейтринная физика и астрофизика

53. 02-2-1099-1-2009/2026 JUNO (Наумов Д.В.)…….……..…154
54. 02-2-1099-2-2015/2026 NOvA/DUNE[1] (Ольшевский А.Г.)...…….……155
55. 02-2-1099-3-2015/2026 TAIGA (Бородин А.Н.)…….…….155

[1] Участие в эксперименте DUNE временно приостановлено до дальнейшего уведомления.

56. 02-2-1144-1-2021/2029 COMET (Цамалаидзе З.)……..……...158

Ядерная физика (03)

57. 03-4-1146-1-2014/2028 TANGRA. Разработка и развитие метода меченных нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций (Копач Ю.Н.)…...162

58. 03-4-1146-2-2022/2026 Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры (Дорошкевич А.С.)……164

59. 03-4-1146-3-2022/2028 Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона (Швецов В.Н., Седышев П.В.)……..……165

60. 03-5-1130-1-2024/2028 Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов (Иткис М.Г., Карпов А.В.)….173

61. 03-5-1130-2-2024/2028 Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности (Каминьски Г., Сидорчук С.И.)……....174

62. 03-2-1100-1-2024/2028 Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины (Философов Д.В.)……..177

63. 03-2-1100-2-2024/2028 Исследования реакторных нейтрино на короткой базе (Житников И.В.)…….…..180

64. 03-2-1100-3-2024/2028 Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений (Зинатулина Д.Р.)……...…181

Физика конденсированных сред (04)

65. 04-4-1147-1-2024/2028 НАНОБИОФОТОНИКА (Арзуманян Г.М., Маматкулов К.З.)……..…186

Радиационные исследования в науках о жизни (05)

66. 05-7-1077-1-2024/2028 Молекулярные, генетические и организменные эффекты действия ионизирующих излучений с с различными физическими характеристиками (Борейко А.В., Лобачевский П.Н.)……...190

67. 05-7-1077-2-2024/2028 Радиационно-биофизические и астробиологические исследования (Чижов А.В., Розанов А.Ю.)……..……193

68. 05-2-1132-1-2021/2028 TARDISS. Защита от физико-химических стрессов с помощью белков тихоходок (Кравченко Е.В.)……197

Информационные технологии (06)

69. 06-6-1119-1-2024/2026 Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных (Шматов С.В.)……...203

70. 06-6-1119-2-2024/2026 Методы вычислительной физики для исследования сложных систем (Земляная Е.В., Чулуунбаатар О.)……205

Прикладная инновационная деятельность (07)

71. 07-1-1107-1-2018/2027 ADSR. Подкритический реактор с ускорительным приводом (Тютюнников С.И., Параипан М.) ……..……....214

72. 07-5-1131-1-2024/2028 Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов (Скуратов В.А.)……....221

73. 07-5-1131-2-2024/2028 Нанокомпозитные и функциональные трековые мембраны (Апель П.Ю.)……..222

74. 07-5-1131-3-2025/2029 Высокочувствительные сенсоры, работающие на принципах молекулярного узнавания для детектирования вирусов (Нечаев А.Н., Завьялова Е.Г.)…….. 223

Физика и техника ускорителей заряженных частиц (08)

75. 08-2-1126-1-2024/2028 Создание и развитие тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов ЛИНАК-200 в ЛЯП (Госткин М.И.)…….....237

76. 08-2-1126-2-2016/2028 Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов (Глаголев В.В., Ляблин М.В.)……..238

77. 08-2-1126-3-2016/2028 Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на моно-хроматических пучках позитронов (PAS) (Сидорин А.А.)……239

78. 08-2-1126-4-2015/2028 Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований (Шелков Г.А.)……239

79. 08-2-1126-5-2011/2028 GDH&SPASCHARM (Усов Ю.А.)……...240

80. 08-2-1127-1-2024/2025 Создание испытательных стендов для тестирования отдельных систем циклотрона MSC-230 (Карамышева Г.А., Яковенко С.Л.)……..……243

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

81. 09-9-1139-1-2021/2028 Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ (Панебратцев Ю.А.)……...254

82. 09-3-1117-1-2024/2028 DIAS-TH. Дубненская международная школа современной теоретической физики (Казаков Д.И., Пироженко И.Г.)……..……..258

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, Китай, Казахстан, Куба, Мексика, Молдова, Монголия, Россия, Сербия, Словакия, Узбекистан, Чехия, 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:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Нуклотрон-NICA	Бутенко А.В. Ходжибагиян Г.Г. *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. *Заместитель:* Рябов В.Г.	02-1-1065-3-2011/2025
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.** **Ходжибагиян Г.Г.** *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.** **Левтеров К.А.** **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., 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., Парфенов О.А., Пельтихин 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., Сотников П.Н., Спиридонов А.С., Тимофеев С.Б., Тихомиров А.М., Тихонов Е.В., Тюлькин В.И., Цветков А.В., 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.** **Шпаков В.С.**	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

ЛФВЭ Александров В.С., Алфеев А.В., Андреев В.А., Арефьев С.А., Ахмадризялов Р.М., Блинов Н.А., Богдан Л.Г., Бутенко А.М., Василишин Б.В., Володин А.А., Галкин В.Е., Гаркин А.А., Гончаров С.А., Гребенников А.В., Гребенцов А.Ю., 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., Калинин А.В.,

Караваев А.В., Карпук А.Н., Карягин А.Ю., Кириченко А.Е., Киров С.В., Клягин А.С., Ковалев В.В., Козлов О.С., Копченов А.В., Косачев В.В., Кузнецов Д.Ю., Кузнецов М.И., Кулаева Т.А., Купцов А.В., Купцов В.В., Кутенков С.В., Лапин Р.В., Лебедев И.Н., Лебедев Н.И., Лопатин Н.А., Луценко В.М., Малышев А.М., Мешенков М.Ю., Михайлов В.А., 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., Ноженко Ю.М., Носов К.А., Ньюгейт Н.А., Осипенков А.Л., Петров В.Д., 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., Савельев А.А., Савельев Д.Ю.,Светов А.Л., Седых Г.С., Сергеев А.В., Сидоренков Т.В., Силушин Г.И., Смирнова З.И., Смолков Р.А., Степанов В.М., Тараканов А.С., Тарасов В.В., Тищенко А.Б., Товстуха В.Г., Травин Н.В., Устинов А.В., Федоров В.В., Феоктистов А.А., Филатов Г.А., Филиппов А.В., Филиппов М.Н., Филиппов Н.А., Цветкова Ю.А., Чуркин В.Г., Шахматов А.С., Шумков В.М., 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.** **Ходжибагиян Г.Г.** **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.**	Проектирование Реализация
1.3.г. Система диагностики, инжекции, коррекции оптики, вывода и транспортировки пучков	**Горбачев Е.В.** **Рукояткин П.А.**	Проектирование Реализация

ЛФВЭ Аверичев А.С., Аксенов И.В., Александров В.С., Алфеев А.В., Андреев В.А., Арефьев С.А., Ахмадризялов Р.М., Базанов А.М., Беляков Е.С., Беспалов Ю.Г., Бесфамильный С.А., Блинов Н.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., Гаевский А.В., Галкин В.Е., Ганюшкин Ф.Н., Гаранжа Н.И., Гаркин А.А., Головенский Б.В., Голубев И.И., Голубицкий О.М., Гончаров С.А., Гореликов С.П., Гребенников А.В., Гребенцов А.Ю., 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., 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., 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., Левтеров К.А., Лепкин М.П., Леткин Д.С., Леушин Д.О., Лобанов Д.В., Лопатин Н.А., Лошманова К.В., Луценко В.М., 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 В.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., Пельтихин А.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., 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., Чмырев А.Ю., Чудаков В.В., Чумаков В.В., Шабратов В.Г., Шандов М.М., Швидкий Д.С., Шемчук А.В., Шириков И.В., Ширкова Е.Э., Шумков А.М., Шумков В.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. Ходжибагиян Г.Г.**	Реализация
1.4.б.	**Системы питания и эвакуации энергии**	**Карпинский В.Н. Иванов Е.В.**	Реализация
1.4.в.	**ВЧ система коллайдера**	**Бровко О.И. Гребенцов А.Ю.**	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 Аверичев А.С., Аксенов И.В., Александров В.С., Алфеев А.В., Андреев В.А., Арефьев С.А., Ахмадризялов Р.М., Базанов А.М., Беляков Е.С., Беспалов Ю.Г., Бесфамильный С.А., Блинов Н.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., Гаевский А.В., Галкин В.Е., Гаранжа Н.И., Гаркин А.А., 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., 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., 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., Левтеров К.А., Лепкин М.П., Леткин Д.С., Леушин Д.О., Лобанов Д.В., Лопатин Н.А., Лошманова К.В., Луценко В.М., 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 В.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., Пельтихин А.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.,

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., 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., Шабратов В.Г., Шандов М.М., Швидкий Д.С., Шемчук А.В., Шириков И.В., Ширкова Е.Э., Шумков А.М., Шумков В.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) Бучнев В.Н., Щеголев В.Ю.

1.5.	**Разработка, создание и развитие криогенных систем**	**Агапов Н.Н.** **Ходжибагиян Г.Г.**	Проектирование Реализация

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

Краткая аннотация и научное обоснование:
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., 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., Капитонов И.Ю., Каттабеков Р.Р., Кекелидзе В.Д., Кирюшин Ю.Т., Ковалев Ю.С., Ковачев Л.Д., Колесников В.И., Коложвари А.А., Копылов Ю.А., Круглова И.В., Кутергина В.В., Кузнецов А.С., Куклин С.Н., Кулиш Е.М., Ладыгин Е.А., Лашманов Н.А., Ледницки Р., Ленивенко В.В., Маканькин А.М., Малахов А.И., Мартовицкий Е.В., Мерц С.П., Мурин Ю.А., Нагдасев Р.В., Никитин Д.Н., Новожилов С.В., Плотников В.А., 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., Смолянин Т., 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., Хворостухин А.С., Хухаева А.Ю., 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:
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.
Заместитель:
Рябов В.Г.

Реализация

ЛФВЭ Авдеев С.П., Аверичев Г.С., Аверьянов А.В., Агакишиев Г.Н., Андреева С.В., Андреева Т.В., Антонова А.Е., Анфимов Н.В., Апарин А.А., Астахов В.И., Афанасьев С.В., Бабкин В.А., Бажажин А.Г., Базылев С.Н., Балашов И.А., Барышников В.М., Баскаков А.Е., Беляев А.В., Беляева Е.В., Беляев С.Е., Богословский Д.Н., Богуславский И.В., Бузин С.Г., Буряков М.Г., Бутенко А.В., Буторин А.В., Бычков А.В., Васендина В.А., Васильев И.Н., Верещагин С.В., Водопьянов А.С., Володина О.А., Воронин А.А., Воронюк В., Гаганова М.А., Гаврищук О.П., Галоян А.С., Ганджелашвили Т.Т., Герценбергер К.В., Горбунов Н.В., Гхонейм Умна, Дементьев Д.В., Дмитриев А.В., Додохов В.Х., Долбилина Е.В., Долбилов А.Г., Донец Д.Е., Дроник В.И., Дубровин А.Ю., Дулов П.О., Дунин В.Б., Дятлов В., Егоров Д.С., Елша В.В., Емельянов А.Э., Емельянов Н.Э., Зайцева М.В., Замятин Н.И., Запорожец С.А., Зинченко А.И., Зинченко Д.А., Зрюев В.Н., Игамкулов З.А., Иванов А.В., Исупов А.Ю., Какурин С.И., Капишин М.Н., Кекелидзе Г.Д., Кечечан А.О., Киреев В.А., Кирюшин Ю.Т., Кирютин И.С., Колесников В.И., Коложвари А., Коломоец Н., Комаров В.Г., Крамаренко В.А., Краснова Л.М., Кречетов Ю.Ф., Круглова И.В., Крылов А.В., Крылов В.А., Кузьмин В.С., Кукарников С.И., Куклин С.Н., Куликов Е.А., Лашманов Н.А., Ледницки Р., Ливанов А.Н., Лобанов В.И., Лобанов Ю.Ю., Лобастов С.П., Лукстиньш Ю.Р, Мадигожин Д.Т., Макаров А.А., Максименкова В.И., Малахов А.И., Маликов И.В.,Мельников Д.Г., Мерц С.П., Мешков И.Н., Мещеряков Г.В., Мигулина И.И., Мильнов Г.Д., Минаев Ю.И., Михайлов К.В., Мовчан, С.А., Молоканова Н.А., Московский А.Е., Мошкин А.А., Мурин Ю.А., Мухин К.А., Мыктыбеков Д., Никитин В.А., Олекс И.А., Орлов О.Е., Павлюкевич В.А., Пенкин В.А., Петров В.А., Пешехонов Д.В., Пиляр А.В., Пиляр Н.В., Пиядин С.М., Потапов Д.С., Ридингер Н.О., Рогачевский О.В., Рогов В.Ю., Румянцев М.М., Руфанов И.А., Рыбаков А.А., Рымшина А.А., Савенков А.А., Садыгов З.Я.-О., Свалов В.Л., Себаллос Санчес С., Седых С.А., Семенов А.Ю., Семенова И.А., Сергеев С.В., Сергеева Н.А., Серочкин Е.В., Сердюк В.З., Сидорин А.О., Слепнев В.М., Слепнев И.В., Слепов И.П., Солнышкин Ю.А., Сорин А.С., Стифоров Г.Г., Стрелецкая Е.А., Суховаров С.И., Тарасов Н.А., Терлецкий А.В., Теряев О.В., Тимофеев С.В., Тимофеева А.Е., Тимошенко А.А., Тихомиров В.В., Ткачев Г.П., Топилин Н.Д., Трубников А.В., Трубников Г.В., Тяпкин И.А., Удовенко С.Ю., Фатеев О.В., Федотов А.С., Федотов Ю.И., Федюнин А.А., Филиппов И.А., Ходжибагиян Г.Г., Чалышев В.В., Чеплакова В.А., Чепурнов В.В., Чепурнов В.Ф., Черемухин А.Е., Черемухина Г.А., Чумаков П.В., Шабунов А.В., Шереметьев А.Д., Шереметьева А.И., Шиндин Р.А., Шитенков М.О., Шмырев И.А., Шунько А.А., Шутов А.В., Шутов В.Б., Щеголев Д.В., Щербаков А.Н., Щипунов А.В., Юревич В.И., Ярыгин Г.А.

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

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., Григорян О., Голунов А.О., Гнатич С., Зуев М.И., Иванов В.В., Кашунин И.А., Кокорев А.А., Кореньков В.В., Мойбенко А.Н., Мицын В.В., Мусульманбеков Ж.Ж., Нечаевский А.В, Паржицкий С.С., Папоян В.В., 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., Смолянин Т., 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., 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 Баскаков А.Е., 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 Александров Е.И., Александров И.Н., Баландин А.И., Балашов Н.А., Баранов Д.А., Беляков Д.В., Войтишин Н.Н., Воронцов А.С., Гнатич С., Голунов А.О., Долбилов А.Г., Зуев М.И., Кашунин И.А., Кореньков В.В., Мицын В.В., Мойбенко А.Н., Мусульманбеков Ж.Ж., Паржицкий С.С. , Пелеванюк И.С., Подгайный Д.В., Пряхина Д.И., Семенов Р.Н., Стрельцова О.И., Стриж Т.А., Трофимов В.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В 2025 должен состояться физический запуск коллайдера NICA с пучками. К середине 2025 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 2025 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 НИКА 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 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., Волков И.С., Волков П.В., Гаврищук О.П., Галоян А.С., Герасимов С.Е., Голубых С.М., Горбунов Н.В., 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., Кухарев В.А., Ладыгин Е.А., Ледницки Р., Ливанов А.Н., Лошманова К.В., Лысан В.М., Мадигожин Д.Т., 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., Попов В.В., Пудин С.И., Резников С.Г., Рогачёва Н.С., Ромахов С., Савенков А.А., Сагимбаева Н., Саламатин К.М., Сафонов А.Б., Синельщикова С.Е., 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 А.В., Бойков А.В., Большакова А.Е., Васюков А.О., Вертоградов Л.С., Вертоградова Ю.Л., Верхеев А.Ю., Газзаев А.-Б.В., 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., Зимин И.Ю., Карпишков А.В., Ковязина Н.А., Кожукалов В.А., Кручонок В.Г., Кузнецова К.И., Куликов А.В., Кульчицкий Ю.А., Курбатов В.С., Курманалиев Ж., Кутузов С.А., Ленский П.И., Ляшко И., Мальцев А., Ольшевский А.Г., Пискун А.А., Прокошин Ф.В., Русов Д.И., Рыбников А.В., Самарцев А.Г., Самойлов О.Б., Селюнин А.С., Серюбин С.С., Симоненко А.В., Скачкова А.Н., Соколов С.А., Терещенко В.В., Тропина А.И., Узиков Ю.Н.,

Федосеев Д.В., Фролов В.Н., 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., Буреш М., Войтишин Н.Н., Гребень Н.В., Дидоренко А.В., Конак А.С., Костенко Б.Ф., Минеев М.А., Олейник Д.А., Ососков Г.А., Петросян А.Ш., Ужинский В.В., Хабаев З.К., Шматов С.В.

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

Краткая аннотация и научное обоснование:
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:
Разработка, создание, тестирование и оптимизация прототипов детекторов и прочих подсистем установки SPD.

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

Завершение работы над техническим проектом SPD, одобрение технического проекта международным консультационным комитетом SPD.

Активности инфраструктуры:

Наименование активности Лаборатория Ответственные от лаборатории	**Руководители**	**Сроки реализации** **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.

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.**	2024-2026 Проектирование Реализация

ЛФВЭ Балдин А.А., 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 иинновационных исследований накомплексе 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.** **Тютюнников С.И.**	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.**	2024-2026 Проектирование Реализация
5.1.	**Техническое проектирование, координация сооружения комплекса зданий и развития инженерной инфраструктуры**	**Мешков И.Н.** **Дударев А.В.**	Проектирование Реализация
5.2.	**НИРиОКР, создание прототипов и полномасштабных сверхпроводящих магнитов для бустера и коллайдера NICA, обновленного Нуклотрона**	**Ходжибагиян Г.Г.**	Проектирование Реализация

ЛФВЭ Агапова В.В., Аверичев А.С., Базанов А.М., Базылева Н.П., Борцова А.А., Блинов Н.А., Борзунов Ю.Т., Борисов В.В., Бутенко А.В., Бычков А.В., Галимов А.Р., Голубицкий О.М., Гусаков Ю.В., Долгий С.А., Донягин А.М., Дробин В.М., Карпунин Р.А., 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., Митрофанова Ю.А., Меркурьев А.Ю., Нестеров А.В., Никифоров Д.Н., Новиков М.С., Осипенков А.Л., Пивин Р. В., Понкин Д.О., Прахова Т.Ф., Сергеева Е.В., Сергеев А.С., Смирнов С.А., Туманова Ю.А., Филиппов Н.А., Филиппова Е.Ю., Шабунов А.В., 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., Степанов В.М., Сотников А.Н., Тимошенко О.М., Топилин Н.Д., Ходжибагиян Г.Г., Черняев В.П., Шабунов А.В., Шилов В.Ю., Фишер Э.

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

СГИ Бучнев В.Н., 2 чел.

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

Краткая аннотация и научное обоснование (п.5)**:**
Активность связана с созданием сверхпроводящего индуктивного накопителя энергии в системе электропитания бустера и Нуклотрона, а также сверхпроводящей магнитной системы Нового Нуклотрона на основе магнитов из высокотемпературного сверхпроводника.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание сверхпроводящего индуктивного накопителя энергии SMES в системе электропитания бустера и Нуклотрона с запасенной энергией около 3 МДж.

Создание модельного дипольного магнита Нового Нуклотрона из ВТСП материала.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Создание машины для изготовления ВТСП кабеля для магнита SMES.

Исследования характеристик ВТСП лент при их облучении тяжелыми ионами.

Разработка модельного дипольного магнита для Нового Нуклотрона.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	**Город**	**Институт**	**Статус**	**Участники**
Азербайджан	Баку	НЦЯИ	Соглашение	Рустамов А.
Армения	Ереван	ННЛА	Соглашение	Григорян О. Иванов Н. + 6 чел.
Беларусь	Минск	БГУ	Обмен визитами	Федотов А.С. + 2 чел.
		ИФ НАНБ	Совместные работы	Максименко С.А. + 3 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Лобко А. + 15 чел. Федотова Ю.А.
		ОИЭЯИ-Сосны НАНБ	Совместные работы	Бабичев Л.Ф. + 3 чел.
		ФТИ НАНБ	Совместные работы	Поболь И.Л. + 7 чел. Покровский А.И. + 3 чел.
Болгария	Пловдив	PU	Совместные работы Соглашение	Шопова М. + 3 чел. Зайцева Е. Турийски В.
Германия	Дармштадт	GSI	Совместные работы	Барт В. + 3 чел. Блаурок Й. + 5 чел. Зенгер П.

				Ратзингер У.
				Штокер Х. + 2 чел.
	Юлих	FZJ	Совместные работы	Штассен + 2 чел.
Грузия	Тбилиси	GTU	Совместные работы	Шанидзе Р.
Египет	Каир	ECTP MTI	Совместные работы	Тавфик А.Н. + 5 чел.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Соглашение	Сахиев С. + 8 чел.
		ФТИ	Совместные работы	Лебедев И. + 6 чел.
Китай	Ичан	CTGU	Совместные работы	Ли Шуан
			Соглашение	Шенин Фанг
	Ланьчжоу	IMP CAS	Совместные работы	Ну Шу
			Соглашение	Чжао Ч. + 8 чел.
	Пекин	"Tsinghua"	Совместные работы	Ван И. + 13 чел.
		CIAE	Совместные работы	Ванг И.
		IHEP CAS	Совместные работы	Юпэн Лу
			Соглашение	Хуан М. + 2 чел.
		UCAS	Совместные работы	Се Г.
	Ухань	CCNU	Совместные работы	Ван Т.
				Сан С.
			Соглашение	Лю Ф. + 2 чел.
	Хучжоу	HU	Совместные работы	Ван Ц.
			Соглашение	Ван Ф. + 2 чел.
	Хэнъян	USC	Соглашение	Ван С.
	Хэфэй	ASIPP	Совместные работы	Сонг Ю.
		USTC	Совместные работы	Дзебо Тан
				Лэй Чжао
				Тан З. + 3 чел.
	Цзинань	SDU	Совместные работы	Ян Ц.
	Шанхай	Fudan	Совместные работы	Юйган Ма + 2 чел.
			Соглашение	Фан Д. + 2 чел.
		SINAP CAS	Совместные работы	Фанг Д.
Куба	Гавана	InSTEC	Совместные работы	Гузман Ф. + 1 чел.
Мексика	Мехико	UNAM	Совместные работы	Аяла А.
	Пуэбла	BUAP	Совместные работы	Родригес М.
Молдова	Кишинев	ИПФ	Совместные работы	Хворостухин А.
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Совместные работы	Баатар Ц. + 2 чел.
Россия	Белгород	БелГУ	Совместные работы	Вохмянина К.
				Кубанкин А.С.
	Владикавказ	СОГУ	Совместные работы	Касумов Ю.Н. + 3 чел.
				Пухаева Н.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Рябов В.Г. + 5 чел.
			Соглашение	Ким В. + 11 чел.
	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Аушев Т. + 1 чел.
				Филатов Ю.Н. + 3 чел.
	Жуковский	ТЕХНОЛОГИЯ	Соглашение	Шишкин А.В.
	Казань	Компрессормаш	Совместные работы	Мирзаев Т.Б.
		СПЕЦМАШ	Соглашение	Зборовский А.Ю.
	Москва	ВЭИ	Совместные работы	Кокуркин М.П. + 5 чел.
		Гелиймаш	Совместные работы	Стулов В.В. + 5 чел.
		ИМБП РАН	Соглашение	Иванова О.А.
				Шуршаков В.А. + 10 чел.
		ИТЭФ	Совместные работы	Кулевой Т.В. + 5 чел.
				Куликов В.В.
		Криогенмаш	Совместные работы	Караганов Л.Т. + 2 чел.
		МГУ	Совместные работы	Боос Э.Э.

		МИРЭА	Соглашение	Певцов Е.Ф.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Бережной А. Богданова Г.А. Меркин М.М. + 15 чел. Чепурнов А.
		НИУ ВШЭ	Совместные работы	Ратников Ф.Д. + 1 чел.
		НИЦ КИ	Совместные работы	Ставинский А.В. + 8 чел.
		НИЯУ "МИФИ"	Совместные работы	Тараненко А.В. + 12 чел.
			Соглашение	Нигматкулов Г. + 18 чел.
		РЭУ	Совместные работы	Камкин А.
		ФИАН	Совместные работы	Герасимов С.Г. Завертяев М.В. + 4 чел.
			Соглашение	Андреев В. + 15 чел.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Белов А.С. + 5 чел. Губер Ф.Ф. + 16 чел. Ивашкин А.
			Соглашение	Усенко Е. + 5 чел.
	Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Совместные работы	Антохин Е. + 7 чел. Барняков А. Куркин Г.Я. + 10 чел. Пархомчук В.В. Пята Е. Трибендис А.В. + 10 чел. Шатунов Ю.М.
		НТЛ "Заряд"	Соглашение	Кондратенко А.М.
	Новочеркасск	ЮРГПУ НПИ	Соглашение	Пузин В.С.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Зинченко С.Н. + 5 чел. Иванов С.В. + 5 чел.
	Самара	СУ	Совместные работы	Долгополов М. Карпишков А. Салеев В.А.
	Санкт-Петербург	СПбГПУ	Совместные работы	Бердников Я.А.
		СПбГУ	Совместные работы	Вечернин В.В. Жеребчевский В.И. Немнюгин С. + 5 чел. Овсянников Д.А. + 3 чел. Феофилов Г.А.
	Сыктывкар	ОМ Коми НЦ УрО РАН	Совместные работы	Кутов А.Ю.
	Томск	ТГУ	Соглашение	Филимонов С. + 11 чел.
	Фрязино	ИСТОК	Совместные работы	Култашев О.К. + 3 чел.
Сербия	Белград	INS "VINCA"	Совместные работы	Милошевич Й.
Словакия	Кошице	UPJS	Совместные работы	Врлакова И.
	Нова-Дубница	EVPU	Совместные работы	Маркович Дж.
Узбекистан	Ташкент	ФТИ НПО "Ф.-С." АН РУз	Совместные работы	Олимов Х.К. + 10 чел.
Чили	Вальпараисо	UTFSM	Соглашение	Кулешов С.В. + 5 чел.
ЮАР	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Вандевурд Ш. + 3 чел. Стодарт Н.
	Стелленбос	SU	Совместные работы	Бэйли Т. Ньюман Р.
Япония	Токио	Nihon Univ.	Совместные работы	Катаяма Т.

02-2-1148-2010/2028

Baikal-GVD
Байкальский глубоководный нейтринный телескоп гигатонного объема

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:

Наименование проекта Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководитель проекта	Шифр проекта 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., 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., 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., Мазарская Н.В., Минаев М.А., Морозова Т.А., Наумов Д.В., Орлов Д.А., Петухов Д.П., Плисковский Е.Н., Сандуковский В.Г., 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., 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 проекта 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 решение фундаментальных проблем астрофизики и физики элементарных частиц: идентификацию астрофизических источников нейтрино сверхвысоких энергий, определение механизмов формирования и эволюции галактик и др. В частности, 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, позволяет вести эффективные исследования диффузионного потока нейтрино и потоков от индивидуальных астрофизических объектов с постоянным и переменным свечением.

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

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Дик В.
Россия	Иркутск	ИГУ	Совместные работы	Буднев Н.М. + 7 чел.
	Москва	НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Кожин В.А.
				Николаев А.С.
				Скурихин А.В.
				Чепурнов А.С.
				Широков Е.В.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Соглашение	Домогатский Г.В. + 25 чел.
	Нижний Новгород	НГТУ	Совместные работы	Кулепов В.Ф.
	Санкт-Петербург	СПбГМТУ	Совместные работы	Розанов М.И.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Бардачова С.
				Дворницки Р.
				Симкович Ф.
				Эскерова Э.
Чехия	Прага	CTU	Совместные работы	Бардачова С.
				Симкович Ф.
				Штекл И.
				Эскерова Э.

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, Словакия, США, Тайвань, 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 проекта 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:

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

ЛИТ Ангелов К.Н., Аникина А.И., 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., 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., Левитин А.М., 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., Шишмаков М.Л., 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.

Ассоциированный персонал МИВК Анисёнков А.В., Кирьянов А.К.

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 КИП 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 КИП 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:
Обеспечение устойчивого, безопасного и целостного функционирования информационно-телекоммуникационной сети ОИЯИ (магистральной опорной сети (2x100 Гбит/сек); транспортной сети мегапроекта NICA (4x100 Гбит/сек); многосвязной сети ЛИТ (100 Гбит/сек); магистральных внешних телекоммуникационных каналов (3x100 Гбит/сек); сети Wi-Fi на площадках Института в режиме 24x7x365. Поддержка стандартных сетевых сервисов (электронной почты, файлового обмена, безопасности), поддержка и сопровождение базы данных пользователей, базы данных сетевых элементов в IPDB, т.д. Разработка методики и технологии двойной авторизации и удостоверяющих центров сертификации. Разработка проекта альтернативных путей внешней сетевой инфраструктуры. Проработка проекта выделенной оптической сети для коллабораций проекта NICA.

Эксплуатация в режиме 24x7x365 систем гарантированного электроснабжения (дизель генераторы, источники бесперебойного питания), климатического контроля (чилеры, сухие градирни, межрядные кондиционеры и т.д.) и системы противопожарной безопасности вычислительной инфраструктуры МИВК. Обеспечение полнофункциональной и оптимальной работы инженерного оборудования МИВК. Модернизация 1 и 2 модулей машинного зала 2-го этажа. Проектирование и реализация первого этапа модернизации серверной в зале 4-го этажа здания ЛИТ.

Наращивание производительности и системы хранения базовых компонент МИВК – Tier1 центра до 23000 CPU-ядер и 16000 ТБ, Tier2/ЦИВК до 12000 CPU-ядер, системы EOS до 35 ПБ. Модернизация «озера данных» на базе системы EOS. Расширение и сопровождение единой системы хранения и доступа к общему программному обеспечению CVMFS. Поддержка программной системы работы с ленточными роботами - CTA. Поддержка и сопровождение работы виртуальных организаций WLCG, экспериментов NICA, COMPASS, NOvA, ILC и т.д., локальных групп пользователей на ресурсах Tier1 и Tier2 МИВК. Реализация на базе ресурсов МИВК регионального центра для эксперимента JUNO.

Разработка прототипов полнофункциональных Tier0, Tier1 центров для экспериментов на ускорительном комплексе NICA. Создание базовых сервисов для работы Tier0, Tier1 и сторонних Tier2 центров: регистрация пользователей и ресурсов; авторизация и поддержка безопасности использования ресурсов и работы пользователей в распределённой системе; фиксация проблем и оповещение пользователей и администраторов ресурсов; системы объединения распределённых вычислительных ресурсов; системы объединения распределённых ресурсов хранения данных.

Расширение количества пользователей и участников распределенной информационно-вычислительной среды (РИВС) на базе облачных ресурсов организаций из стран-участниц ОИЯИ. Наращивание вычислительных ресурсов облака МИВК (при наличии технической возможности подключения), в том числе за счёт ресурсов, приобретённых экспериментами Baikal-GVD, JUNO, NOvA/DUNE, и их сопровождение. Обновление всех программных компонентов облачной инфраструктуры ОИЯИ и сервисов до актуальных версий. Внедрение системы автоматизированного тестирования серверов перед вводом их в эксплуатацию. Доработка системы мониторинга кластера HTCondor для контроля статусов многоядерных задач. Перевод системы оповещения и мониторинга текущего состояния компонентов облачной инфраструктуры с Icinga на стек Grafana/Prometheus.

Повышение эффективности использования распределённой гетерогенной вычислительной среды, построенной на базе ПО DIRAC путем развития и внедрения в систему методики анализа производительности задач, работающих в распределённой среде. Оптимизация механизма запуска задач посредством использования предустановленного в CVMFS программного окружения ПО DIRAC. Проведение сеансов массовой обработки (production) данных эксперимента BM@N, техническая поддержка запуска задач экспериментов MPD, SPD.

Разработка системы автоматизации задач развёртывания и настройки системного ПО платформы HybriLIT. Разработка системы анализа нагрузки на вычислительные ресурсы для решения задач модернизации и оптимизации конфигурации суперкомпьютера «Говорун». Тестирование и внедрение параллельных и распределённых систем хранения и обработки данных, таких как MinIO, Apache Ignite и др., для увеличения эффективности работы с модельными и экспериментальными данными на платформе HybriLIT. Разработка и интеграция системы сбора и анализа статистики использования прикладного программного обеспечения пользователями гетерогенной платформы HybriLIT через систему Modules. Наращивание GPU компоненты суперкомпьютера «Говорун» с целью обеспечения новейшими вычислительными архитектурами как текущих потребностей пользователей, так и планируемых исследований для

экспериментов на NICA, а также для развития экосистемы ML/DL/HPC, включая полигон для квантовых вычислений.

Опытная эксплуатация прототипа 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, EOS для хранения данных). Апробация работы с ленточных хранилищем МИВК.

Расширение системы мониторинга LITmon за счет интеграции локальных систем мониторинга электротехнического оборудования (дизель-генераторов, трансформаторов и источников бесперебойного питания) и систем холодоснабжения (градирни, насосы, водяные контуры, теплообменники, чиллеры). Включение в систему мониторинга нового оборудования МИВК. Создание прототипа центра управления инженерной инфраструктурой МИВК с единой точкой доступа. Разработка прототипа единой системы аккаунтинга МИВК на основе учетных систем компонент комплекса и системы мониторинга логов серийных консолей серверов МИВК.

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 Антонов Е.В., 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., Усов Д.Ю., Устенко П.В., Филозова И.А., Шейко Е.В., Шестакова Г.В.

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

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:
Создание единой среды для хранения и управления данными базовых и прикладных сервисов ЦЭС, интеграция с инфраструктурой Больших данных для анализа указанных данных.

Ввод в эксплуатацию глубоко переработанной версии системы ПИН, интегрированной с ЦЭС и с репозиторием публикаций сотрудников ОИЯИ.

Интеграция институционального репозитория публикаций сотрудников ОИЯИ с другими сервисами ЦЭС, предоставление данных о публикациях для автоматизированной обработки и анализа.

Автоматизация развертывания, мониторинга и поддержки надежного и безопасного функционирования базовых сервисов ЦЭС.

Организация системы поддержки пользователей, включая различные средства взаимодействия с пользователями и администраторами сервисов, сервисы электронных заявок, средства организации баз знаний и документации.

Текущая поддержка и развитие СЭД «Дубна». Подготовка к переносу процессов закупочной деятельности в систему документооборота, создаваемую ДРЦС.

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

Реализация системы «Управление зданиями, помещениями и рабочими местами»: организация рабочего пространства на базе цифрового двойника здания. Карта рабочих мест, закрепление за подразделениями, статус и календарь использования. Контроль соблюдения условия труда согласно ТК.

Создание и развитие цифровых сервисов для совместной работы (база научной документации, календари, управление проектами и т.п.).

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., Ильина А.В., Кашунин И.А., Матвеев М.А., Неаполитанский Д.В., Пелеванюк И.С., Семенов Р.Н., Соловьева Т.М., Тарабрин В.А., Филозова И.А., Шейко Е.В.

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:
Создание пользовательской инфраструктуры Больших данных на базе вычислительных ресурсов CPU и аппаратных ускорителей (GPU) с использованием программных средств организации вычислений, библиотек инструментов анализа, моделирования и визуализации с открытым исходным кодом.

Методология и программные средства для интеллектуальной обработки научно-технической информации по тематике Института (научные публикации, патенты, материалы регистрации программ и баз данных, цифровые следы проектов, материалы для развития кадрового потенциала).

Программные средства и инфраструктура для интеллектуального мониторинга распределенных вычислительных систем на основе анализа информации о функционировании системы (логи, метрики состояния, информация о структуре и т.д.) с использованием больших языковых моделей (LLM).

Разработка механизма мониторинга и анализа безопасности сетевых подключений к ресурсам, размещенным в облачной среде ЛИТ ОИЯИ.

Ускорение обработки данных фреймворком ROOT при помощи распределенных вычислений на кластере Spark.

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

Сотрудничество:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	АДА	Совместные работы	Адамов А.
		ИФ НАНА	Совместные работы	Мамедов Н.Т. + 5 чел.
Армения	Ереван	ИПИА НАН РА	Соглашение	Саакян В.Г.
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Макаренко В.В. + 3 чел.
			Совместные работы	
		ОИПИ НАНБ	Совместные работы	Кругликов С.В.
		ОИЭЯИ-Сосны НАНБ	Обмен визитами	Бабичев Л.Ф. + 3 чел.
			Совместные работы	Бабичев Л.Ф. + 3 чел.
Болгария	София	INRNE BAS	Совместные работы	Тонев Д.В.
		SU	Совместные работы	Димитров В.
Грузия	Тбилиси	GRENA	Совместные работы	Кватадзе Р.
		GTU	Совместные работы	Кварашкелия В. Прангишвили А. Сацерадзе Д.
		TSU	Совместные работы	Давиташвили Т.
		UG	Совместные работы	Сулханишвили С. Тавзарашвили К.
Египет	Гиза	CU	Совместные работы	Суэйлам Н. Эльлити А.
	Каир	ASRT	Совместные работы	Аллам А. АлСадек М.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Буртебаев Н.Т. Сахиев С.К.
	Астана	АФ РГП ИЯФ	Соглашение	Здоровец М.В.
Китай	Пекин	IHEP CAS	Совместные работы	Жанг С. Ли В.Д.
Мексика	Мехико	UNAM	Совместные работы	Айяла А.
Монголия	Улан-Батор	IMDT MAS	Соглашение	Уганбаатар Д.
Россия	Владивосток	ИАПУ ДВО РАН	Соглашение	Грибова В.В. Ромашко Р.В.
	Владикавказ	СОГУ	Соглашение	Кулаев Р.Ч. Нартиков А. Огоев А.У.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Кирьянов А.К. Ким В.Т. Шевель А.Е.
	Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Совместные работы	Кирпичева Е.Ю. Черемисина Е.Н.
		ОЭЗ "Дубна"	Совместные работы	Рац А.А.
		ЦКС "Дубна"	Совместные работы	Елеферов С.В. Куликов А.А. Окулов Ю.Н.
	Москва	ГПКС	Совместные работы	Буйдинов Е.В. Прохоров Ю.В.
		ИПМ РАН	Совместные работы	Афендиков А.Л. Четверушкин Б.Н.

		ИППИ РАН	Совместные работы	Афанасьев А.П. + 2 чел.
				Волошинов В.В.
		ИСП РАН	Совместные работы	Аветисян А.И.
		ИТЭФ	Совместные работы	Гаврилов В.Б.
				Королько И.Е.
		МГТУ	Совместные работы	Гордин М.В.
				Родионов И.А.
		МГУ	Совместные работы	Ризниченко Г.Ю.
				Смелянский Р.Л.
				Соколов И.А.
				Сухомлин В.А.
		МСК-IX	Совместные работы	Воронина Е.П. + 3 чел.
		МСЦ РАН	Совместные работы	Шабанов Б.М.
		НИВЦ МГУ	Совместные работы	Воеводин В.В. + 4 чел.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Боос Э.
				Крюков А.П.
				Саврин В.И.
		НИУ "МЭИ"	Совместные работы	Топорков В.В.
		НИУ ВШЭ	Соглашение	Ратников Ф.Д.
				Щур Л.Н.
		НИЦ КИ	Совместные работы	Велихов В.Е.
				Ильин В.А.
				Рябинкин Е.А.
		НИЯУ "МИФИ"	Совместные работы	Смирнов С.Ю.
				Черкасский А.И.
		РЭУ	Совместные работы	Валентей С.Д.
		ФИЦ ИУ РАН	Совместные работы	Посыпкин М.А.
				Соколов И.А.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Каравичев О.В.
				Степанова Л.И.
	Новосибирск	ИВМиМГ СО РАН	Совместные работы	Черных И.Г.
		ИЯФ СО РАН	Совместные работы	Левичев П.В.
				Скринский А.Н.
				Тихонов Ю.А.
		ЦКП "СКИФ"	Совместные работы	Зубавичус Я.В.
				Левичев Е.Б.
				Потеряев В.С.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Гусев В.В.
				Котляр В.В.
				Минаенко А.А.
	Пущино	ИМПБ РАН	Совместные работы	Лахно В.Д. + 2 чел.
				Устинин М.Н.
	Самара	СУ	Совместные работы	Сойфер В.А.
	Санкт-Петербург	ИТМО	Совместные работы	Бухановский А.В.
		НИИФ СПбГУ	Совместные работы	Шабаев В.К.
		СПбГПУ	Совместные работы	Болдырев Ю.Я.+ 2 чел.
		СПбГУ	Совместные работы	Богданов А.В. + 2 чел.
				Дегтярев А.Б.
	Черноголовка	СКЦ ИПХФ РАН	Совместные работы	Волохов В.М. + 2 чел.
Словакия	Кошице	IEP SAS	Совместные работы	Копчански П.
США	Аптон	BNL	Совместные работы	Паниткин С.
	Арлингтон	UTA	Совместные работы	Де К.

	Батавия	Fermilab	Совместные работы	Розен Р. Хольцман Б.
Тайвань	Тайбэй	ASGCCA	Совместные работы	Лин С.
Узбекистан	Ташкент	АН РУз	Совместные работы	Мирзаев С.З.
		ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Садыков И.И.
Франция	Марсель	CPPM	Совместные работы	Царегородцев А.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Совместные работы	Андреева Ю. Компана С. + 5 чел.
ЮАР	Кейптаун	UCT	Совместные работы	Беккер Б. Ситоле Х.

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, Египет, Казахстан, Китай, Россия, Сербия, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Реализация проекта 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, продолжается создание ускорительного комплекса ДЦ-140 для прикладных исследований. 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:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. Создание ускорительного комплекса У-400Р	Калагин И.В. Попеко А.Г. *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 У400Р	**Калагин И.В.** **Попеко А.Г.** *Заместитель:* **Семин В.А.**	Изготовление

ЛЯР Басс В., Барбашев М.Б., Батчулуун Э., Богачев А.А., Быков А.Н., Ваганов Р.Е., Веревочкин В.А., Воробьев И.В., Воронцов А.Н., Гикал К.Б., Дей А., Жукова А.О., Забанов А.С., Загребаева С.И., Зинченко С.Ю., Иваненко И.А., Иванов Г.Н., Иткис Ю.М., Казаринов Н.Ю., Кленов Е.А., Клыгин С.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., Пчелинцев И.В., Пчелкин Н.Н., Савельева Е.О., Сатьян С., Середа Ю.М., Сидоров А.А., Суслов А.А., Тихомиров А.В., Тихомиров Р.С., Франко Й., Чернышев О.А.

ЛФВЭ Фатеев А.А. + 2 чел.

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.

Строительство 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 концепции и работа над проектом 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., Божиков Г.А., Веденеев В.Ю., Гольцман А.И., Гуляев А.В., Гуляева А.В., Ибадуллаев Д., Коврижных Н.Д., Когоут П., Когоутова А., Комаров А.Б., Крупа Л., Кузнецов Д.А., Кулик В.Д., Мадумаров А.Ш., Муравьев И.В., Новоселов А.С., Опихал А., 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.

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.

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

Проектирование многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра. Тестовый запуск криогенной газовой ионной ловушки.

Сотрудничество:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	ННЛА	Совместные работы	Марукян Г.О. + 3 чел.
Египет	Каир	ЕАЕА	Совместные работы	Хассан Х.Е.
Казахстан	Астана	АФ РГП ИЯФ	Совместные работы	Здоровец М.В. + 3 чел.
Китай	Ланьчжоу	IMP CAS	Соглашение	Ган З. + 6 чел.
Россия	Нижний Новгород	ИПФ РАН	Совместные работы	Литвак А.Г. Скалыга В.А. + 5 чел.
	Санкт-Петербург	ИАП РАН	Совместные работы	Явор М.И. + 1 чел.
		НИИЭФА	Совместные работы	Герцог С.В. + 4 чел. Сычевский С.Е.
	Томск	ТГУ	Совместные работы	Стучебров С.Г. + 4 чел.
Сербия	Белград	INS "VINCA"	Совместные работы	Вуевич В. Йованович З.
	Нови-Сад	UNS	Совместные работы	Крмар М.
ЮАР	Порт-Элизабет	NMU	Совместные работы	Фарук С.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Барк Р. Мира Дж. Нкози М. Стридом Л. + 2 чел.
	Стелленбос	SU	Совместные работы	Барнард А. + 2 чел.
	Фандербейлпарк	VUT	Совместные работы	Абу эль Хоссейн Халед

04-4-1149-2024/2028

Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров

Руководитель: Лычагин Е.В.

Участвующие страны и международные организации:
Аргентина, Азербайджан, 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.

Главной задачей проекта развития действующего источника нейтронов является повышение эффективности использования исследовательской ядерной установки ИБР-2 при реализации программы экспериментальных исследований, обеспечение эксплуатационной надежности и безопасности реактора. Регулярная эксплуатация исследовательской ядерной установки ИБР-2 осуществляется в соответствии с лицензией Ростехнадзора со средней мощностью до 2 МВт. На установке ИБР-2 используются современные системы управления и защиты, анализа и диагностики состояния реактора, дозиметрического контроля и мониторинга радиационной обстановки.

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 годы и перешли в текущую семилетку. 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:

	Наименование проекта/подпроекта	Руководители проекта/ подпроекта	Шифр проекта/подпроекта
1.	Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов	Виноградов А.В. Долгих А.В.	04-4-1149-1-2011/2028
1.1.	Создание комплекса криогенных замедлителей реактора ИБР-2	Беляков А.А. Булавин М.В.	04-4-1149-1-1-2014/2025
2.	Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов	Козленко Д.П. Аксенов В.Л. Балагуров А.М.	04-4-1149-2-2021/2028
2.1.	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
2.2.	Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии BJN (Байорек- Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2	Худоба Д.М.	04-4-1149-2-2-2024/2028
3.	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
3.1.	Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР-А) для дифрактометра ФДВР	Милков В.М.	04-4-1149-3-1-2021/2028
3.2.	Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами	Черников А.Н.	04-4-1149-3-2-2024/2028
3.3.	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
4.	Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ	Лычагин Е.В. Швецов В.Н. Булавин М.В.	04-4-1149-4-2021/2028
4.1.	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:

Лаборатория	**Наименование проекта**	**Руководители проекта**	**Статус**
Ответственные от лаборатории			
1.	**Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов**	**Виноградов А.В.** **Долгих А.В.**	Реализация

ЛНФ Беляков А.А., Денисенко Д.Ю., Кривов В.А., Пепелышев Ю.Н., Слотвицкий Ю.М., 60 инженеров, 65 рабочих

Краткая аннотация и научное обоснование:
Главной задачей темы является обеспечение эксплуатационной надежности и безопасности реактора, обеспечение максимально длительного срока эксплуатации реакторной установки, и регулярности её работы, повышение эффективности использования исследовательской ядерной установки ИБР- 2 при реализации программы экспериментальных исследований.

Регулярная эксплуатация исследовательской ядерной установки ИБР-2 осуществляется в соответствии с лицензией Ростехнадзора со средней мощностью до 2 МВт для проведения физических экспериментов на выведенных пучках нейтронов. На установке ИБР-2 используются современные системы управления и защиты, анализа и диагностики состояния реактора, дозиметрического контроля и мониторинга радиационной обстановки.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
После завершения работ по подпроекту в ОИЯИ продолжит эксплуатацию высокоинтенсивный источник нейтронов мирового класса для исследований в области физики конденсированных сред и ядерной физики – исследовательская ядерная установка ИБР-2 повышенной безопасности и надежности. На установке ИБР-2 будут использоваться: – криогенные замедлители, обеспечивающие выполнение перспективной и конкурентной программы физических исследований;

– современное оборудование систем, важных для безопасности ИЯУ ИБР-2.

Для обеспечения гарантированной эксплуатации ИЯУ ИБР-2 будет полностью подготовлен к работе резервный подвижный отражатель ПО-3Р.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Контрольная сборка, наладка и испытания резервного подвижного отражателя ПО-3Р на испытательном стенде ЛНФ.

Поэтапное проведение работ по замене и обновлению технологического и электрического оборудования установки ИБР-2, важного для безопасности ИЯУ ИБР-2.

Проработка совместно с предприятиями ГК «Росатом» возможности изготовления и поставки дополнительной партии свежего топлива для активной зоны ИБР-2М с целью продления срока эксплуатации реактора для физических экспериментов до 2040-2042 гг.

	Наименование подпроекта	Руководители подпроекта	Статус
1.1.	**Создание комплекса криогенных замедлителей реактора ИБР-2**	**Беляков А.А.** **Булавин М.В.**	Реализация

ЛНФ Долгих А.В., 16 инженеров, 40 рабочих

Краткая аннотация и научное обоснование по подпроекту:
В рамках темы «Развитие ИЯУ ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей» продолжается поэтапная реализация проекта «Создание комплекса криогенных замедлителей ректора ИБР-2». Создаваемый уникальный комплекс криогенных замедлителей (ККЗ) с использованием смеси ароматических углеводородов мезитилена и метаксилола в пропорции 3 к 1, в твёрдой замороженной фазе, в форме шариков, диаметром от 3,5 до 3,9 мм, позволяет существенно увеличить поток холодных нейтронов для проведения экспериментальных исследований свойств конденсированных сред.

В состав комплекса криогенных замедлителей входят три замедлителя, окружающие активную зону реактора, два из которых осуществляют генерацию холодных нейтронов для проведения физических экспериментов - криогенный замедлитель нейтронов КЗ 202 (в направлении нейтронных пучков №7, 8, 10, 11) и криогенный замедлитель КЗ 201 (в направлении пучков №1, 4, 5, 6, 9). Данные замедлители в настоящее время функционируют в режиме опытной эксплуатации. Замедлитель нейтронов КЗ 203 находится на этапе разработки и согласования технического задания на проектирование.

Эксплуатация комплекса криогенных замедлителей на ИЯУ ИБР-2 многократно повышает интенсивность холодных нейтронов по сравнению с тепловым замедлителем и позволяет существенно сократить время проведения экспериментов и снизить погрешность получаемых данных.

Ожидаемые результаты по завершении подпроекта:
Эксплуатация комплекса криогенных замедлителей на ИЯУ ИБР-2 в составе трех замедлителей КЗ-201, КЗ-202, охватывающих большую часть нейтронных экспериментальных каналов установки ИБР-2. Надёжная и безаварийная эксплуатация ККЗ позволит сохранить и укрепить лидирующее положение установки ИБР-2 среди самых высокоинтенсивных исследовательских нейтронных источников в мире, используемых для проведения исследований конденсированных сред методами нейтронного рассеяния.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:
Продолжить проведение работ по оптимизации работы системы автоматического регулирования и контроля параметров, системы загрузки – выгрузки и транспортировки замедляющего вещества (замороженных шариков мезитилена) в рабочих камерах и трубопроводах криогенного комплекса при одновременном использовании для физических экспериментов двух криогенных замедлителей КЗ 201 и КЗ 202.

Для обеспечения максимально эффективного использования парка физических инструментов при работе с «холодными» нейтронами в 2024 г. планируется ввести в эксплуатацию вторую криогенную установку фирмы Linde AG с мощностью 1800 Вт (КГУ 1800/10) при температуре 10К. До конца 2025 г. планируется выполнить работы по оптимизации эксплуатации криогенного комплекса, начать проработку технического задания на концептуальное проектирование замедлителя в направлении пучков №№ 2, 3 реактора ИБР-2.

Сотрудничество:

Страна или международная организация	**Город**	**Институт**	Статус	**Участники**
Азербайджан	Баку	ИРП НАНА	Совместные работы	Таибов Л.
		НЦЯИ	Совместные работы	Гарибов А.А.
Беларусь	Минск	ОИЭЯИ-Сосны НАНБ	Обмен визитами	Бабичев Л.Ф. + 2 чел.
			Совместные работы	Бабичев Л.Ф. + 3 чел.
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Совместные работы	Сангаа Д. + 2 чел.
Россия	Москва	ВНИИНМ	Совместные работы	Иванов Ю.А. + 5 чел.
		ГСПИ	Совместные работы	Дворяшин И.В. + 5 чел.
		ИНЭУМ	Совместные работы	Глухов В.И. + 5 чел.
		НИКИЭТ	Совместные работы	Третьяков И.Т. + 20 чел.
		СИСТЕМАТОМ	Совместные работы	Заикин А.А. + 10 чел.
Румыния	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Дима О. + 2 чел.

Наименование проекта	**Руководители проекта**	**Статус**
2. 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 характеристик атомной структуры и фазовых состояний магнитострикционных сплавов, сплавов с эффектом памяти формы и других интерметаллических функциональных материалов.

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

Анализ эффектов влияния высокого давления на структурные и магнитные свойства функциональных материалов.

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

Определение структуры 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, тонких пленок одностенных углеродных нанотрубок на подложках.

Определение структуры и кинетики агрегации в растворах фуллеренов разной полярности, а также в растворах фуллеренов с разными аминоаддуктами.

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 ПАВ и мицелл.

Анализ структурной организации полимерных наноматериалов, стеклования полимеров и полимерных тонких пленок.

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.

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 нейтроноводной системы спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга на 10 канале.

Развитие детекторной системы нового дифрактометра ДН-6 для исследования микрообразцов, направленное на увеличение светосилы и расширение доступного диапазона высоких давлений.

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, сборка модельного прототипа анализатора и его тестирование на пучке реактора ИБР-2.

Наименование подпроектов	Руководитель подпроекта	Статус
2.1. 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., Турченко В.А., Худоба Д.М.

ЛИТ Земляная Е.В., Соловьев А.Г.

ЛТФ Юшанхай В.Ю.

ЛФВЭ Барабанов М.Ю., Тютюнников С.И.

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 характеристик атомной структуры и фазовых состояний магнитострикционных сплавов, сплавов с эффектом памяти формы и других интерметаллических функциональных материалов.

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

Анализ эффектов влияния высокого давления на структурные и магнитные свойства функциональных материалов.

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

Определение структуры 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, тонких пленок одностенных углеродных нанотрубок на подложках.

Определение структуры и кинетики агрегации в растворах фуллеренов разной полярности, а также в растворах фуллеренов с разными аминоаддуктами.

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 ПАВ и мицелл

Анализ структурной организации полимерных наноматериалов, стеклования полимеров и полимерных тонких пленок.

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.

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 нейтроноводной системы спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга на 10 канале.

Развитие детекторной системы нового дифрактометра ДН-6 для исследования микрообразцов, направленное на увеличение светосилы и расширение доступного диапазона высоких давлений.

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.

2.2. Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии BJN (Байорек-Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2	**Худоба Д.М.**	Реализация

ЛНФ Горемычкин Е.А., 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.

Сборка модельного прототипа анализатора спектрометра BJN.

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

Сотрудничество:

Страна или международная организация	**Город**	**Институт**	**Статус**	**Участники**
Азербайджан	Баку	АзТУ	Совместные работы	Джабаров С.Г. Ходжаев Э.М.
		ИФ НАНА	Совместные работы Соглашение	Мехтиева Р.З. + 2 чел. Мамедов А.И.

Армения	Ереван	НИЦИКН	Совместные работы	Симонян А.Е.
				Ханзатян Г.А.
		ННЛА	Совместные работы	Арутюнян В.В. + 2 чел.
Беларусь	Минск	НИИ ФХП БГУ	Обмен визитами	Бокшиц Ю.В. + 3 чел.
				Ивашкевич О.А. + 5 чел.
			Совместные работы	Бокшиц Ю.В. + 3 чел.
				Ивашкевич О.А. + 5 чел.
		НПЦ НАНБ	Обмен визитами	Бушинский М.В + 5 чел.
				Каланда Н.А. + 6 чел.
				Тишкевич Д.И. + 3 чел.
			Совместные работы	Бушинский М.В + 5 чел.
				Каланда Н.А. + 6 чел.
				Тишкевич Д.И. + 3 чел.
Болгария	София	IE BAS	Совместные работы	Куцарова Т. + 4 чел.
		IEES BAS	Совместные работы	Владикова Д.Е.
				Петкова Т.
			Соглашение	Райкова Г.
		INRNE BAS	Совместные работы	Крежов К.А. + 2 чел.
		ISSP BAS	Совместные работы	Чамати Х.
		UCTM	Соглашение	Петков П.К.
Венгрия	Будапешт	HUN-REN	Совместные работы	Рошта Л. + 2 чел.
				Алмаши Л. + 2 чел.
				Лен А.
		Wigner RCP	Совместные работы	Надь Д.Л. + 2 чел.
Вьетнам	Дананг	DTU	Совместные работы	Данг Н.Т.
	Ханой	IOP VAST	Совместные работы	Кхием Л.Х.
Германия	Дармштадт	TU Darmstadt	Совместные работы	Фусс Х. + 2 чел.
Египет	Александрия	Ун-т	Совместные работы	Эльсадиек А. + 1 чел.
	Гиза	CU	Совместные работы	Свейлам Н.Х. + 1 чел.
	Каир	ASU	Совместные работы	Медхат И. + 3 чел.
				Ханан Эль Х. + 3 чел.
		EAEA	Совместные работы	Элбахрави М.
Индия	Патна	NIT Patna	Совместные работы	Маджумдер С.
Испания	Барселона	ICMAB-CSIC	Совместные работы	Фина И. + 1 чел.
	Лехона	BCMaterials	Соглашение	Ланцерос-Мендес С. + 2 чел.
	Мадрид	CENIM-CSIC	Совместные работы	Фернандес Р. + 2 чел.
Италия	Мессина	UniMe	Совместные работы	Ломбардо Д.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Козловский А.Л. + 3 чел.
			Соглашение	Сахиев С.К. + 5 чел.
		КазНУ	Соглашение	Ирмухаметова Г.С. + 2 чел.
Китай	Харбин	HEU	Совместные работы	Шуйцев А.
Куба	Гавана	InSTEC	Совместные работы	Рамос Бласкес Р.
Латвия	Рига	ISSP UL	Совместные работы	Кузьмин А.
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Совместные работы	Сангаа Д. + 3 чел.
				Сэвжидсурэн Г.
Польша	Белосток	UwB	Совместные работы	Рецко К.
Россия	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Булкин А.П. + 2 чел.
				Воробьев С.И. + 5 чел.
				Григорьев С.В. + 5 чел.
				Исаев-Иванов В.В. + 2 чел.
				Курбаков А.И. + 2 чел.
				Лебедев В.Т. + 2 чел.
	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Чупин В.В. + 15 чел.

Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Совместные работы	Гладышев П.П. Кривченко В.А. + 3 чел.
Екатеринбург	ИФМ УрО РАН	Совместные работы	Бобровский В.И. + 2 чел. Кравцов Е.А. + 2 чел. Новосёлов Д.Ю. Устинов В.В. + 2 чел.
	УрФУ	Совместные работы	Бабушкин А.Н. + 2 чел. Иванов А.О. + 2 чел.
Казань	КФУ	Совместные работы	Таюрский Д.А. + 3 чел.
	ФИЦ КазНЦ РАН	Совместные работы	Учасев К.С. + 2 чел.
Калининград	БФУ им. И.Канта	Совместные работы	Гойхман А.Ю. Клементьев Е.С.
Красноярск	ИФ СО РАН	Совместные работы	Ярославцев Р.Н. + 2 чел.
	СФУ	Совместные работы	Столяр С.В. +2 чел.
	ФИЦ КНЦ СО РАН	Совместные работы	Столяр С.В. + 2 чел.
Москва	ГНЦ Ин-т иммунологии	Совместные работы	Андреев С.М. + 2 чел.
	ИА РАН	Совместные работы	Сапрыкина И.А.
	ИГЕМ РАН	Совместные работы	Жариков А.В. Лобанов К.В.
	ИК РАН	Совместные работы	Волков В.В. + 3 чел.
	ИМЕТ РАН	Совместные работы	Серебряный В.Н.
	ИНМИ РАН	Совместные работы	Гальченко В.Ф. Филлипова С.Н.
	ИОНХ РАН	Совместные работы	Баранчиков А.Е. + 3 чел.
	ИТПЗ РАН	Совместные работы	Родкин М.В.
	ИФЗ РАН	Совместные работы	Баюк И.О. Пономарев А.В. + 2 чел.
		Соглашение	Морозов Ю.А.
	МГУ	Совместные работы	Антипов Е.В. + 2 чел. Асланов Л.А. + 3 чел. Коваленко И.Б. + 3 чел. Коробов М.В. + 2 чел. Перов Н.С. + 2 чел. Трусов Л.А. Хохлов А.Р. + 3 чел. Шуленина А.В. Ягужинский А.С. + 3 чел.
	МИСИС	Совместные работы	Головин И.В. + 3 чел. Корсунский А.М. + 2 чел. Костишин В.Г. Панина Л.В.
	МИЭТ	Совместные работы	Яковлев В.Б. + 2 чел.
	НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Боос Э.Э. + 2 чел. Тетерева Т.В.
	НИЦ КИ	Совместные работы	Алексеев П.А. + 3 чел. Велигжанин А. + 2 чел. Эм В.Т. + 2 чел.
	НИЯУ "МИФИ"	Совместные работы	Иванова Т.М. + 2 чел. Крымская О.А. Менушенков А.П. + 2 чел.
	ПИН РАН	Совместные работы	Пахневич А.В.
	ФИЦ ХФ РАН	Совместные работы	Иткис Д.М. + 3 чел.
Москва, Троицк	ИФВД РАН	Совместные работы	Бражкин В.В. + 2 чел.
	ИЯИ РАН	Совместные работы	Садыков Р.А. + 2 чел.

	Нижний Новгород	ИФМ РАН	Совместные работы	Фраерман А.А. + 3 чел.
		ННГУ	Совместные работы	Корытцева А.К.
				Орлова А.И.
	Омск	ОмГУПС	Совместные работы	Сосновский Ю.М. + 2 чел.
	Пермь	ИМСС УрО РАН	Совместные работы	Райхер Ю.Л.
		ИТХ УрО РАН	Совместные работы	Астафьева С.А. + 2 чел.
				Лысенко С Н. + 2 чел.
	Ростов-на-Дону	НИИФ ЮФУ	Совместные работы	Налбандян В.Б.
		ЮФУ	Совместные работы	Чапек С.В.
	Санкт-Петербург	ИВС РАН	Совместные работы	Смыслов Р.Ю. + 1 чел.
		ФТИ им. А.Ф. Иоффе	Совместные работы	Вахрушев С.Б. + 2 чел.
				Вуль А.Я. + 2 чел.
		ЦНИИ КМ "Прометей"	Совместные работы	Зисман А.А. + 2 чел.
				Петров С.Н.
				Федосеев М.Л.
	Ставрополь	СКФУ	Совместные работы	Чебышев К.А.
	Стерлитамак	СФ БашГУ	Совместные работы	Бикулова Н.Н. + 2 чел.
	Томск	ТПУ	Совместные работы	Лидер А.М. + 2 чел.
	Тула	ТулГУ	Совместные работы	Маркова Г.В.
	Тюмень	ТюмГУ	Совместные работы	Иванова Н.А.
	Челябинск	ЮУрГУ	Совместные работы	Винник Д.А. + 2 чел.
	Черноголовка	ИФТТ РАН	Совместные работы	Антонов В.Е. + 2 чел.
Румыния	Бая-Маре	TUCN-NUCBM	Совместные работы	Раколта Д. + 4 чел.
	Бухарест	INCDIE ICPE-CA	Совместные работы	Банчиу К.
				Бара А.
				Вечю Г.
				Добрин И.
				Ион И.
				Китану Е.
				Кодеску М.М.
				Кырстеа К.Д.
				Ликсандру А.
				Лукач М.
				Манта Э.
				Патрой Е.А.
				Патруа Д.
				Сетнеску Р.
		UB	Совместные работы	Килом К. + 2 чел.
	Клуж-Напока	INCDTIM	Совместные работы	Пана О.
				Рада Н.
				Рада С.
				Турку Р.
		RA BC-N	Совместные работы	Бурзо Э.
		UBB	Совместные работы	Бурзо Э. + 2 чел.
				Рошиору К. + 3 чел.
	Констанца	MINAC	Совместные работы	Талмацки К.
	Крайова	UC	Совместные работы	Якобеску Е.
	Мэгуреле	NIMP	Совместные работы	Барак М.
				Згура И.
				Кунчер В.
				Полосан С.
	Питешти	UPIT	Совместные работы	Дуку К.
	Тимишоара	ICT	Совместные работы	Пуц А-М.

		ISIM	Совместные работы	Бирдеану А.В. + 3 чел.
		UVT	Совместные работы	Бика И. + 2 чел.
				Буною М. + 7 чел.
				Малаевски И.
	Тулчя	DDNI	Совместные работы	Ибрам О.
	Тырговиште	VUT	Совместные работы	Пехою Г.
				Радулеску К.
	Яссы	IULS	Совместные работы	Мирон Л.
				Савин А.
		NIRDTP	Совместные работы	Кириак Х.
				Лупу Н.
		TUIASI	Совместные работы	Кашкавал Д.
		UAI	Совместные работы	Ичим Д.
		UAIC	Совместные работы	Игнат М.
				Ишан В.
				Мата К.
				Онофрей М.
				Якоми Ф.
Сербия	Белград	INS "VINCA"	Совместные работы	Балванович Р. + 10 чел.
				Матович Б. + 2 чел.
	Нови-Сад	UNS	Совместные работы	Милджевич Б.
Словакия	Кошице	IEP SAS	Соглашение	Копчански П. + 7 чел.
США	Беркли	UC	Совместные работы	Венк Х.-Р.
Таджикистан	Душанбе	НАНТ	Совместные работы	Курбониён М.С.
		ТТУ	Совместные работы	Хусензода М.А.
		ФТИ НАНТ	Совместные работы	Рахмонов Х.Р.
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Соглашение	Ташметов М.Ю. + 2 чел.
Франция	Гренобль	IBS	Совместные работы	Горделий В.И. + 5 чел.
		ILL	Совместные работы	Иванов А.
	Сакле	LLB	Совместные работы	Дэмэй Ф.
				Поршэ Ф.
Чехия	Прага	CTU	Совместные работы	Кучеракова М.+ 1 чел.
		CU	Совместные работы	Краковски И.
		IG CAS	Совместные работы	Локайчик Т.+ 3 чел.
		IP CAS	Совместные работы	Ангелов Б. + 2 чел.
				Ирак З. + 2 чел.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Помякушин В.
ЮАР	Претория	Necsa	Совместные работы	Вентер Э. + 5 чел.
		UP	Совместные работы	Селищев П.О. + 2 чел.
Япония	Минато	Keio Univ.	Совместные работы	Ясуоко К. + 1 чел.
	Токио	Waseda Univ.	Совместные работы	Ямомото Т. + 5 чел.

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
3. 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:
Проведение исследований конденсированных сред на современном уровне характеризуется постоянным совершенствованием методики измерений, ростом числа управляемых и контролируемых параметров, увеличением количества и усложнением используемых в эксперименте детекторов и систем окружения образца, повышением требований к точности и быстродействию регистрирующей аппаратуры, необходимостью обеспечения удаленного управления подсистемами спектрометра и экспериментом в целом, и требует постоянного развития, как самих

спектрометров, так и исследовательской ядерной установки ИБР-2, в частности, комплекса холодных замедлителей. Пользовательский режим работы спектрометров ИБР-2 выдвигает дополнительные требования к оборудованию спектрометров, системам управления и контроля, 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.

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 КЗ201, КЗ202, КЗ203; 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 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.

Проведение монтажа и пуско-наладочных работ промышленной системы управления и контроля криогенного замедлителя КЗ201 в направлении пучков №№ 1, 4, 5, 6, 9 реактора ИБР-2. Разработка системы управления и контроля замедлителя КЗ202 в направлении пучков №№ 7, 8, 10, 11 реактора ИБР-2.

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 подпроектов	Руководитель подпроекта	Статус
3.1. 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., Семечкин А.В., 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 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 на дифрактометре ФДВР на 5-м канале реактора ИБР-2 и получение первых физических результатов.

3.2. 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.

3.3. 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., Евсеев А.А., 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 К3201, К3202, К3203; 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:
Проведение монтажа и пуско-наладочных работ промышленной системы управления и контроля криогенного замедлителя КЗ201 в направлении пучков №№ 1, 4, 5, 6, 9 реактора ИБР-2. Разработка системы управления и контроля замедлителя КЗ202 в направлении пучков №№ 7, 8, 10, 11 реактора ИБР-2. 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:

Страна или международная организация	**Город**	**Институт**	**Статус**	**Участники**
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Кутень С.А. + 2 чел.
			Совместные работы	Кутень С.А. + 2 чел.
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Совместные работы	Рошта Л. + 2 чел.
Египет	Каир	EAEA	Совместные работы	Абдель-Латиф Ихаб
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Сахиев С.К. + 5 чел.
Россия	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Алтынбаев Е.В. Булкин А.П. + 2 чел. Григорьев С.В.
	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Рогачев А.В.
	Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Соглашение	Немченок И.Б. + 2 чел.

	Екатеринбург	ИФМ УрО РАН	Совместные работы	Кравцов Е.А. + 2 чел.
	Казань	КФУ	Совместные работы	Гафуров М.Р.
	Москва	НИЦ КИ	Совместные работы	Борисова П.А. + 2 чел.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Садыков Р.А. + 2 чел.
Румыния	Бухарест	IFIN-HH	Соглашение	Пентия М.
	Клуж-Напока	INCDTIM	Совместные работы	Раду С.
			Соглашение	Пана О.
		UBB	Соглашение	Рошиору К. + 3 чел.
		UTC-N	Соглашение	Паскута П.
	Тырговиште	VUT	Соглашение	Бенкуцэ Ю.
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Соглашение	Ташметов М.Ю.
Чехия	Гусинец	UJV	Соглашение	Харут Д.
Швеция	Лунд	ESS ERIC	Соглашение	Халл-Вилтон Р.

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
4. Новый перспективный источник нейтронов ОИЯИ	**Лычагин Е.В.** **Швецов В.Н.** **Булавин М.В.**	Реализация

ЛНФ см. участников подпроектов

Краткая аннотация и научное обоснование:
С 2016 года в ЛНФ ОИЯИ ведется разработка проекта нового перспективного источника нейтронов. При этом, в рамках семилетнего плана перспективного развития ОИЯИ на 2024-2030 гг. определен перечень работ по подпроекту создания нового импульсного реактора НЕПТУН. 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.

К основным этапам работ по созданию нового реактора НЕПТУН относятся: разработка предварительной научной программы и определение состава комплекса научных инструментов для проведения нейтронных исследований, 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 нитрид-нептуниевого 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.).

Выполненные работы с 2020 по 2023 годы представляют собой серьезный научно-исследовательский и опытно-конструкторский задел, требующий продолжения и развития по вышеперечисленным этапам с целью перехода от стадии концепции к стадии эскизного проектирования нового реактора.

Вместе с тем результаты последних (2021-2024 гг.) расчетных исследований нестационарных процессов в реакторе НЕПТУН и практика эксплуатации реакторов ИБР-2 и ИБР-2М показали, что компоновка активной зоны сильнее влияет на порог устойчивости мощности реактора, чем считалось до сих пор. В связи с этим, в 2025 году в рамках текущей семилетки, предполагается сосредоточиться 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, расчётах комплекса замедлителей, развитии концепции приборной базы, проведении подготовительных работ по аттестации и верификации программных средств для проведения расчетов по обоснованию безопасности импульсных исследовательских реакторов.

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

Модель динамики импульсных быстрых реакторов.

Выбор и обоснование предельной мощности реактора НЕПТУН.

Анализ вариантов использования перспективного ядерного топлива и твэлов на его основе для нового источника нейтронов.

Выбор оптимальных материалов для использования в качестве криогенных замедлителей на новом источнике

нейтронов.

Определение перечня программных средств для проведения расчетов по обоснованию безопасности исследовательских импульсных реакторов периодического действия. Подготовка к процедуре обоснования выбора программных средств (валидации) для проведения расчетов импульсных реакторов.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Формулировка, обоснование актуальности и перспективности основных направлений исследований на новом источнике нейтронов.

Построение модели динамики импульсных быстрых реакторов с использованием экспериментальных данных, полученных за время эксплуатации реактора ИБР-2.

Анализ вариантов использования перспективного ядерного топлива и твэлов на его основе для нового источника нейтронов совместно с АО «ВНИИНМ», ГК Росатом.

Анализ эффективности использования водородосодержащих материалов (метан, трифенилметан, жидкий водород, дейтерий и т. д.) в качестве криогенных замедлителей на новом источнике нейтронов и их сравнение с мезитиленом. Разработка эскизной рабоче-конструкторской документации на камеру-имитатор криогенного замедлителя на основе мезитилена с системой быстрой смены рабочего материала. Разработка установок по изготовлению замороженных шариков из углеводородов для криогенных замедлителей.

Анализ вариантов альтернативной концепции нового источника нейтронов.

Проведен анализ объема работ по аттестации и верификации программных средств для проведения расчетов по обоснованию безопасности импульсного реактора. Разработана схема верификации программных средств для импульсного реактора.

Анализ эффективности использования водородосодержащих материалов (метан, трифенилметан, жидкий водород, дейтерий и т. д.) в качестве криогенных замедлителей на новом источнике нейтронов и их сравнение с мезитиленом. Разработка эскизной рабоче-конструкторской документации на камеру-имитатор криогенного замедлителя на основе мезитилена с системой быстрой смены рабочего материала. Разработка установок по изготовлению замороженных шариков из углеводородов для криогенных замедлителей. Разработка перспективных систем электроники управления и контроля промышленного уровня для криогенных замедлителей высокопоточных источников нейтронов.

	Наименование подпроекта	Руководители подпроекта	Статус
4.1.	**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., Худоба Д.М., 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:
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).

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.

Ожидаемые результаты по завершении подпроекта:
Создана компьютерная модель, описывающая явление колебательной неустойчивости пульсирующего реактора, включающая нейтронно-физические, теплогидравлические и термомеханические блоки расчётов.

Определена компоновка активной зоны реактора.

Поиск технических решений по конструкции корпуса и модулятора реактивности, имеющих допустимые тепловую нагруженность и температурные деформации. Разработка перечня НИР, необходимых для обоснования конструкции модулятора реактивности, его составных частей и корпуса реактора. РКД на полномасштабный стенд (макет) модулятора реактивности.

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

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:
Создание упрощенной компьютерной модели, описывающей явление колебательной неустойчивости пульсирующего реактора, включающая нейтронно-физические, теплогидравлические и термомеханические блоки расчётов. Проверка модели на основе экспериментальных данных, полученных при эксплуатации ИБР-2.

Определена компоновка активной зоны реактора.

Разработка технического задания на НИР по изучению выхода радиолитического водорода в гидриде титана в условиях реального реакторного эксперимента с близкими значениями эксплуатационных температур модулятора реактивности реактора НЕПТУН.

Создание упрощенной компьютерной модели, описывающей явление колебательной неустойчивости пульсирующего реактора, включающая нейтронно-физические, теплогидравлические и термомеханические блоки расчётов. Проверка модели на основе экспериментальных данных, полученных при эксплуатации ИБР-2. Определена компоновка активной зоны реактора. Разработка технического задания на НИР по изучению выхода радиолитического водорода в гидриде титана в условиях реального реакторного эксперимента с близкими значениями эксплуатационных температур модулятора реактивности реактора НЕПТУН. Разработка перспективных систем электроники управления и контроля промышленного уровня для криогенных замедлителей нового высокопоточного источника нейтронов на базе комплекса замедлителей реактора ИБР-2.

Сотрудничество:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Аргентина	Барилоче	CAB	Совместные работы	Гранада Р.
Беларусь	Минск	БГТУ	Обмен визитами	Дормешкин О.Б. + 3 чел. Трусова Е.Е. + 3 чел.
			Совместные работы	Дормешкин О.Б. + 2 чел. Трусова Е.Е. + 3 чел.
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Совместные работы	Рошта Л. + 2 чел.
Германия	Берлин	HZB	Совместные работы	Вильперт Т.
	Юлих	FZJ	Совместные работы	Иоффе А.
МАГАТЭ	Вена	МАГАТЭ	Совместные работы	Чакров П.В. + 2 чел.
Россия	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Булкин А.П. + 2 чел. Григорьев С.В.
	Москва	ВНИИНМ	Совместные работы	Иванов Ю.А. + 5 чел.
		НИКИЭТ	Совместные работы	Лопаткин А.В. + 20 чел. Третьяков И.Т. + 20 чел.
		НИЦ КИ	Совместные работы	Эмм В.Т. + 2 чел.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Садыков Р.А. + 2 чел.
	Обнинск	ФЭИ	Совместные работы	Клинов Д.А. + 5 чел.
	Снежинск	РФЯЦ-ВНИИТФ	Совместные работы	Хмельницкий Д.В. + 5 чел.
Румыния	Бухарест	INCDIE ICPE-CA	Совместные работы	Добрин И.
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Ташметов М.Ю.
Франция	Гренобль	ILL	Совместные работы	Несвижевский В.
Чехия	Ржеж	NPI CAS	Совместные работы	Штрунц П. + 1 чел.
Швеция	Лунд	ESS ERIC	Совместные работы	Холуилтон Р. + 3 чел.
ЮАР	Претория	UP	Совместные работы	Ракитянский С.

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, Греция, 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., Грамотков Н.А., Дас Ч.Р., Козлов Г.А., Котиков А.В., Мухаева А.И., Нестеренко А.В., Онищенко А.И., Савина М.В., Соловцова О.П., Толкачев Д.М., Филиппов В.А., Яхиббаев Р.М.

ЛИТ Шматов С.В.

ЛФВЭ Алексахин В.А., Шайхатденов Б.Г.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Исследование теории и феноменологии скалярных и векторных бозонных звезд.
Детальный космологический и астрофизический анализ свойств первичных черных дыр и их связи с проблемой темной материи и наблюдаемыми сверхмассивными черными дырами.

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

Физический анализ данных LHC с целью обнаружения проявлений «темного сектора» в событиях, в которых рождается либо бозон Хигсса, либо Z-бозон и сопровождающихся значительной долей потерянной «поперечной» энергии, предположительно уносимой частицей-переносчиком, распадающимся в конечном итоге на частицы темной материи; ожидается получение указаний (при счастливом стечении обстоятельств – открытие) на сигналы новой физики, либо, в

отсутствие таких указаний, установка новых уникальных ограничений на модельное пространство параметров для рассмотренных вариантов ТМ и хиггсовского сектора.

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

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Детальный анализ свойств космологических возмущений и их возможной связи с проблемой наблюдаемого быстрого формирования сверхмассивных черных дыр.

Исследование процесса формирования галактик и поля скоростей галактик в центре войда и сравнение полученных результатов с результатами наблюдений.

Исследование диффузного нейтринного фона от сверхновых (DSNB) в рамках ряда моделей коллапса ядра с учетом Новой физики.

Феноменологический анализ редких распадов B-мезонов в моделях Новой физики типа 3-3-1 с расширенной калибровочной группо.

Анализ термодинамики скалярных степеней свободы в скалярных бозонных звездах в потенциальных Хиггсо-подобных моделях с учетом гравитации.

Исследование вкладов адронной функции поляризации вакуума в аномальный магнитный момент мюона на новом уровне точности.

Вывод явного вида электромагнитных поправок к аномальным магнитным моментам лептонов от диаграмм со вставками поляризационного оператора из пяти лептонных петель.

Многопетлевой анализ квантовополевой модели, в которой реализуется сценарий асимптотической безопасности, с учетом всевозможных скалярных операторов размерности от 2 до 4, исследование стабильности вакуума.

Построение и анализ разложения по большим зарядам в ряде неабелевых теорий с глобальной/локальной симметриями в режимах сильной и слабой связи.

Расчет и исследование структуры многопетлевых ренормгрупповых уравнений для базисных инвариантов скалярного сектора двухдублетного расширения Стандартой модели.

Расчет радиационных поправок в неперенормирумой модели с четырехфермионным взаимодействием вплоть до трех петель включительно. Вывод рекуррентных соотношений и обобщенного ренормгруппового уравнения. Численный анализ последнего и исследование асимптотик решения в области больших энергий.

Вычисление и анализ ведущих поправок в эффективный потенциал в модели Весса-Зумино для кирального потенциала произвольного вида.

Вывод и исследование обобщенных ренормализационно-групповых уравнений в скалярно-тензорных моделях общего вида.

Анализ зависимости амплитуд и эффективных действий от схемы вычитания в ряде неперенормируемых теорий.

Разработка метода вычисления универсальных аномальных размерностей операторов различных твистов в моделях N=4 SYM и ABJM с применением методов модулярной арифметики.

Обработка экспериментальных данных глубоконеупругого рассеяния в схемах с эффективным пересуммированием больших пороговых логарифмов.

Применение аналитической константы связи для анализа правил сумм глубоконеупругого рассеяния при небольших значениях квадрата переданного импульса.

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

ЛТФ 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 НИКА.

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 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 T-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.

Анализ проявления аксионов темной материи в их взаимодействии с лептонами, пропорциональном константе 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.

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

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 ~$10^{-8.}$

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:
Получение коэффициентов Вильсона в лагранжиане NRQED с точностью, необходимой для вычисления поправок для связанных состояний в квантовой электродинамике до порядка $m\alpha^8$ включительно.

Вычисление релятивистских поправкок порядка $m\alpha^6$ для связанных состояниях молекулярных ионов водорода H_2^+ и HD^+ в рамках *ab initio* трехчастичного формализма. В настоящий момент этот член в гамильтониане взаимодействия вычислялся только в адиабатическом приближении и давал наибольший вклад в теоретическую погрешность энергий ро-вибрационных и спиновых переходов.

Анализ лептонных распадов тяжёлых кваркониев в рамках ковариантной модели кварков на основе нового подхода к описанию радиальных возбуждений.

Получение ограничения на параметр, характеризующий обратный момент амплитуды распределения B_s- мезона, с использованием имеющихся данных для формфакторов слабых переходов B_s- мезона в фотон и φ-мезон.

Расчет ширины однофотонных радиационных распадов S- и P-волновых возбуждений чармония в рамках ковариантной модели кварков и исследование зависимости результатов от параметров модели.

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 пи-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:
Исследование зависимости масса-радиус для нейтронных и гибридных звезд. Анализ уравнения состояния как в отсутствие гиперонов и кварков, так и при учете гиперонизации и возможности наличия кваркового кора. Результаты предполагается Сравнение результатов с результатами для уравнений состояния с сигма-скалированными массами.

Исследование заряженной пионной конденсации при одновременном действии вращения и магнитного поля при наличии электрических и скалярных потенциальных ям и ядерного вещества. Учёт лондоновского момента и эффекта Мейснера. Проведение аналогии и изучение различия с поведением металлических сверхпроводников.
Взаимодействие каона с другими адронами заметно слабее, чем взаимодействие нестранных адронов между собой. Ожидается, что распределение каонов в столкновениях тяжелых ионов замораживается раньше, чем у нестранных адронов. Будет изучено влияние такого раннего замораживания на различные наблюдаемые.

Как известно, восстановление киральной симметрии приводит к модификациям каонов в плотной барионной материи. В то же время материя, образующаяся в релятивистских столкновениях тяжелых ионов, не только (и не всегда) барионно плотна, но и состоит из плотной пионной среды, влияние которой до сих пор не изучено. Будет изучено влияние плотной пионной среды на средовые модификации каонов в релятивистских столкновениях тяжелых ионов.

Гравитационые форм-факторы адронов связаны с обобщёнными партонными распределениями – важным компонентом партонной модели, применяющейся к жёстким процессам с участием адронов. С другой стороны, доменная модель вакуума КХД описывает низкоэнергетическую физику мезонов. В рамках последней будут исследованы гравитационные форм-факторы мезонов, что позволит найти её связь с партонной моделью.

При извлечении свойств адронных резонансов из экспериментальных данных используются эмпирические модели, описываемые различными релятивистскими обобщениями формулы Брейта–Вигнера. Будет исследован аналог формулы Брейта–Вигнера для лёгких векторных мезонов в доменной модели вакуума КХД.

В рамках модели HYDJET++ будет проанализирована связь между наблюдаемым выстроенным расположением пятен на рентгеновских пленках в эмульсионных экспериментах с космическими лучами и самой процедурой отбора частиц с наиболее высокой энергией, а также с сохранением поперечного импульса. Возможное влияние сохранения поперечного импульса в каждом событии при статистическом модельном подходе будет учитываться в виде недостающего поперечного импульса.

Феноменологический анализ данных Pb+Pb для флуктуаций суммарного заряда при энергиях БАК будет проведен в рамках модели HYDJET++. Ожидается, что модификация этой модели путем явного включения сохранения заряда в статистический подход позволит воспроизвести экспериментальные данные.

В рамках метода решеточного моделирования будут изучены свойства вращающейся КХД с динамическими фермионами. В частности, будут изучены пространственно неоднородные фазовые переходы во вращающейся КХД.

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., Коваленко С.Г., Кузнецов Д.А., Кузьмин К.С., Никитенко А.А., Николаев Н.Н., Нурлан К., Осипов А.А., Хоанг Н.Л., Шмидт В.

ЛЯП Шкирманов Д.С.

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:
Прецизионный расчет и систематизация эффектов радиационных поправок в асимметрию вперед-назад процесса рождения дилептонов при адронных столкновениях на эксперименте CMS LHC в режиме Run3/HL

Исследование спиновой асимметрии в процессах рождения псевдоскалярных мезонов в протон-протонных столкновениях в условиях эксперимента STAR

Вычисление сечений тормозного излучения и рождения пар при низких энергиях в условиях, которые будут использоваться при получения поляризованного позитронного пучка

Описание мезонных распадов тау-лептона и процессов рождения мезонов на встречных электрон-позитронных пучках в диапазоне энергии до 2 ГэВ в рамках U(3)xU(3) модели Намбу-Иона-Лазинио

Высокоточные вычисления масс легких кварков путем фитирования квадратов масс π^+, K^+ и K^0 мезонов к их аналитическим выражениям, полученным в NNLO приближении $1/N_c$ разложения

Исследование влияния NNLO поправок к аномалии Весса-Зумино-Виттена, обусловленных явным нарушением киральной SU(3)xSU(3) симметрии, на ширины двухфотонных распадов пиона и эта-мезонов

Аналитические вычисления и численный анализ радиационных поправок высших порядков к процессам электрон-позитронной аннигиляции и мюон-электронного рассеяния в условиях современных и будущих экспериментов.

Вычисление вклада энергии Казимира полей Стандартной модели в плотность энергии вселенной в конформной космологической модели.

Исследование рассеяния ультрарелятивистских нейтрино черной дырой, окруженной замагниченным аккреционным диском.

Исследование проблемы нарушения неабелевой калибровочной симметрии для решения уравнения Янга-Миллса в расширяющемся пространстве с параметром отрицательной скалярной кривизны.

Расчеты барионной и лептонной асимметрии Вселенной в процессе захвата тяжелых нейтрино первичными черными дырами.

Оценка потока нейтрино ультравысоких энергий в процессе генерации космических лучей при распаде или аннигиляции сверхтяжелых частиц темной материи.

Возможное рождение реликтовых нейтрино фотонами при трансформации гравитонов в фотоны в космических магнитных полях

Резонансная эволюция переходов между активными и стерильными нейтрино.

Оптимизация МК модели резонансного нейтринорождения одиночных пионов на нуклонах и имплементация модели в нейтринный генератор GENIE.

Оптимизация модели бегущей аксиальной массы для описания квазиупругого рассеяния нейтрино на ядрах.

Получение ограничений на параметры альтернативных теорий гравитации из наблюдений траекторий ярких звезд в окрестности Галактического Центра.

Изучение гравитационного линзирования для модели галактического центра из темной материи.

Исследование теней в окрестностях галактических центров для голых сингулярностей и кротовых нор.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Гомель	ГГТУ	Обмен визитами	Авакян С.Л. + 3 чел. Бабич А.А. + 1 чел. Лашкевич В.И. + 4 чел. Тимошин С.И. + 2 чел. Черниченко Ю.Д.
			Совместные работы	Авакян С.Л. + 3 чел. Бабич А.А. + 1 чел. Лашкевич В.И. + 4 чел. Тимошин С.И. + 2 чел. Черниченко Ю.Д.
		ГГУ	Обмен визитами	Андреев В.В. + 2 чел. Максименко Н.В. + 1 чел.

			Совместные работы	Андреев В.В. + 2 чел.
				Максименко Н.В. + 1 чел.
	Минск	ИФ НАНБ	Обмен визитами	Курочкин Ю.А.
				Редьков В.М. + 3 чел.
			Совместные работы	Курочкин Ю.А.
				Редьков В.М. + 3 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Ильичев А.Н.
			Совместные работы	Ильичев А.Н.
		ОИЭЯИ-Сосны НАНБ	Обмен визитами	Галынский М.В.
				Шапоров В.А.
			Совместные работы	Галынский М.В.
				Шапоров В.А.
Болгария	София	INRNE BAS	Совместные работы	Бакалов Д.
Великобритания	Ливерпуль	Ун-т	Совместные работы	Андреопулос К.
	Лондон	Imperial College	Совместные работы	Масаки Хори
Венгрия	Будапешт	ELTE	Совместные работы	Карккяйнен Т.
Вьетнам	Ханой	IOP VAST	Соглашение	Ву Хоа Бинь
				Ха Тхань Хунг
	Хошимин	VNUHCM	Совместные работы	Тран Ц.Т.
Германия	Гамбург	Ун-т	Совместные работы	Безуглов М.А.
				Веретин О.Л.
				Книль В.
				Мок С.
	Дюссельдорф	HHU	Совместные работы	Шиллер С.
	Карлсруэ	KIT	Совместные работы	Пикельнер А.Ф.
			Соглашение	Мельников К.
	Регенсбург	UR	Совместные работы	Веретин О.Л.
	Тюбинген	Ун-т	Соглашение	Любовицкий В.Е.
				Фогельзанг В.
	Цойтен	DESY	Совместные работы	Риман С. + 1 чел.
Греция	Ретимнон	UoC	Совместные работы	Коусвос С.
Индия	Калькутта	IACS	Совместные работы	Рой Суров
	Сунабеда	CUO	Совместные работы	Горай М.
	Эттимадаи	Amrita	Совместные работы	Джйоти Лакшми ОП
				Лакшми Дж. Наик
				Шриикант В.
Иран	Тегеран	IPM	Совместные работы	Азизи К.
		Ун-т	Совместные работы	Гохарипур М.
Испания	Гранада	UGR	Совместные работы	Амаро Э.С.
				Симо И.Р.
Италия	Неаполь	INFN	Соглашение	Санторелли Ф.
	Пиза	INFN	Совместные работы	Хенрикссон Й.
Канада	Корнер-Брук	MUN	Обмен визитами	Барканова С.
			Совместные работы	Алексеевс А.Г.
Китай	Гуанчжоу	SYSU	Совместные работы	Цзоу Л.
				Чжан П.
	Ланьчжоу	IMP CAS	Совместные работы	Жанг П.
				Се Я.П.
				Чен. Х.
	Пекин	IHEP CAS	Совместные работы	Манки Руан + 1 чел.
	Хайкоу	HNU	Совместные работы	Жонг Ж.С.
Польша	Катовице	US	Совместные работы	Глуза Я.
	Краков	INP PAS	Совместные работы	Вонс З.
	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Обмен визитами	Шимановский Л.

Португалия	Коимбра	UC	Совместные работы	Блин А.Х.
				Хиллер Б. + 3 чел.
Россия	Владивосток	ДВФУ	Совместные работы	Герасименюк Н.В.
				Гой В.А.
				Молочков А.В.
	Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Совместные работы	Арбузова Е.В.
	Иркутск	ИГУ	Совместные работы	Буднев Н.М.
		ИДСТУ СО РАН	Обмен визитами	Раджабов А.Е. + 1 чел.
	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Борк Л.В.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Платонова М.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Кирпичников Д.
	Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Совместные работы	Ли Р.Н.
		НГУ	Совместные работы	Бондарь А.Е.
				Долгов А.Д.
				Кравченко Е.А.
				Панасенко Л.А.
				Поздняков Н.А.
				Руденко А.С.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Борняков В.Г.
				Кудров И.Е.
				Рогалев Р.Н.
	Черноголовка	ИТФ РАН	Совместные работы	Вергелес С.Н. + 2 чел.
Сербия	Белград	AOB	Совместные работы	Йованович П.
				Попович Л.
		INS "VINCA"	Совместные работы	Борка В.
				Борка Д.
				Йованович З.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Дубничкова А.З.
		IP SAS	Совместные работы	Дубничка С. + 5 чел.
				Липтай А.
США	Уэйко	BU	Совместные работы	Ворд Б.Ф.Л.
Финляндия	Хельсинки	HIP	Совместные работы	Уиту К.
Франция	Париж	ENS	Совместные работы	Карр Ж.Ф.
		UPMC	Совместные работы	Тебер С.
	Сакле	IRFU	Совместные работы	Томази-Густаффсон Э.
Хорватия	Загреб	RBI	Совместные работы	Антипин О.
				Панополоус П.
Чили	Арика	UTA	Совместные работы	Аяла Ц.
	Сантьяго	UNAB СТЕРР	Совместные работы	Замора-Саа Д.
Швеция	Стокгольм	KTH	Совместные работы	Вихонен С.

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., Кузьмин В.А., Малов Л.А., Мардыбан М.А., Молодцова И.В., Нестеренко В.О., Северюхин А.П., 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:
Анализ взаимосвязи пигми и тороидальных E1 возбуждений в рамках приближения хаотических фаз с силами Скирма.

Поиск проявлений тороидальной E1 моды в реакции (e,e'g).

Предсказание парных вибраций в изотопах нобелия.

Изучение Гигантского Дипольного Резонанса и сопутствующих коллективных спиновых *M2* ($K^\pi = 0^-, 1^-$) состояний в рамках метода моментов функции Вигнера: расчет энергий возбуждения и приведенных вероятностей переходов.

Анализ вклада двухфононных конфигураций в формировании спин-дипольного резонанса.

Вычисление скоростей обычного захвата мюонов чётными изотопами селена и бария в связи с экспериментами, проводимыми в ЛЯП ОИЯИ.

Исследование низколежащих коллективных состояний в нейтронно-избыточных изотопах Ge.

Исследование низколежащих коллективных возбуждений в области актинидов в рамках микроскопической оболочечной версии модели Бора-Моттельсона.

Изучение EC/β^+ распада сверхтяжелых ядер с учетом вклада запрещенных переходов.

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

ЛТФ Алпомишев Э.Х., Андреев А.В., Антоненко Н.В., Безбах А. Н., Джолос Р. В., Каландаров Ш.А., Мардыбан Е.В., Назмитдинов Р. Г., Насиров А.К., Пашка Х., Рахматинежад А., Рогов И.С., Саргсян В.В., 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 описаниядинамики 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 структуры сверхтяжелых ядер, принадлежащих цепочке альфа-распада ^{288}Mc.

Исследование потенциальной поверхности сверхтяжелых ядер (Th, Fm, Hs) в зависимости от температуры при различных деформациях системы.

Исследование параметров плотности уровней сверхтяжелых ядер (Th, Fm, Hs).

Оценка вероятности эмиссии нейтронов из сверхтяжелых ядер (Th, Fm, Hs).

Разработка метода описания спинового распределения, извлеченного из измеренной гамма множественности в корреляции с образованием остатков испарения, в реакциях $^{16}O+^{208}Pb$, $^{18}O+^{206}Sm$, $^{16}O+^{154}Sm$ и $^{32}S+^{154}Sm$.

Исследование физических причин отсутствия выхода продуктов квазиделения при столкновениях тяжелых ионов при энергиях выше кулоновского барьера.

Исследование проявления механизма многонуклонных передач в реакциях полного слияния ядер при столкновениях тяжелых ионов.

Предсказание тонкой структуры альфа-распадов сверхтяжелых ядер, что позволит получить информацию о нижайших возбужденных состояниях данных ядер.

Объяснение экспериментально наблюдаемого отсутствия корреляций между угловыми моментами осколков деления в рамках квантовомеханического анализа угловых колебаний в точке разрыва.

Исследование изоспиновой зависимости отношений параметров плотности уровней в различных каналах распада сверхтяжелых ядер.

Расчет свойств продуктов спонтанного деления трансфермиевых ядер с учетом эволюции двойной ядерной системы к точке. Разрыва.

Расчет выхода фотоядерных реакций $^{209}Bi(\gamma,xn)$ и $^{209}Bi(\gamma,pxn)$ и анализ роли предравновесной эмиссии нуклонов в этих реакциях.

Описание эмиссии кластеров в полярном и перпендикулярном направлениях в процессах тройного деления.

Применение приближения «образование-распад» в рамках модели двойной ядерной системы для расчета сечений синтеза сверхтяжелых элементов.

Изучение зависимости тонкой структуры альфа-распада четно-четных ядер актинидов.

Расчет спектроскопических факторов альфа-распада на основе модели двойной ядерной системы, с учетом относительного движения альфа-частицы и дочернего ядра.

Анализ свойств низколежащих 2^+ возбуждений в изотопах $^{70-88}Ge$.

Расчет поверхностей потенциальной энергии и массовых параметров в рамках релятивистской модели среднего поля с разными параметризациями функционала плотности энергии.

Вычисление реалистических функций профиля и спектров эмиссии четырех нуклонов в реакции $^{2}H(^{8}He, ^{3}He)^{7}H$ --> $^{3}H+4n$.

3. Квантовые системы нескольких частиц — **Мотовилов А.К.**, **Мележик В.С.**

ЛТФ Валиолда Д., Виницкий С.И., Джансейтов Д., Егоров М.В., Коваль Е.А., Колганова Е.А., Кондратьев В.Н., Малых А.В., Попов Ю.В., Ракитянский С.А., Соловьев Е.А., Шадмехри С.А., 3 студента

ЛЯП Картавцев О.И.

ЛИТ Гусев А.А., Чулуунбаатар О.

ЛФВЭ Коробицин А.А.

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

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

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследование структуры гало ядер в реакциях развала в квантово-квазиклассическом подходе.

Развитие методов расчета ротационно-вибрационного спектра коллективной модели атомных ядер.

Исследования структурных особенностей легких слабосвязанных ядер в прямых ядерных реакциях.

Исследование энтальпий адсорбции некоторых сверхтяжелых элементов и их соединений на поверхности селена исходя из первых принципов.

Исследование свойств потоков нейтрино магниторотационных сверхновых с учетом резонансного смешивания ароматов и перспективы наблюдения.

Поиск бездифракционных решений для связанных состояний модельной одномерной трехчастичной задачи.

Разработка теоретической модели порогового резонансного усиления рождения лямбда-гиперонов при электрон-позитронных столкновениях.

Изучение спектральных свойств гамильтониана решеточной системы двух бозонов, взаимодействующих вплоть до двух междуузельных расстояний друг от друга.

Исследование квазиупругого рассеяния быстрых (несколько кэВ) электронов на атомах при большой передаче импульса: роль движения ядра.

Развитие феноменологического метода построения волновых функций, связанных и резонансных состояний квантовых малочастичных систем, основанного на их экспериментальных характеристиках.

Исследование классического представления для прямоугольной потенциальной ямы.

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

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

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:
Изучение зависимости сечений поглощения и рождения Y-мезонов в BB-столкновениях от свойств среды в рамках разрабатываемой модели с нелокальным взаимодействием сепарабельного типа с универсальным ядром взаимодействия.

Вычисление энергии связи ядра гелия-4 и амплитуд состояний в рамках релятивистского обобщения уравнения Фаддеева-Якубовского с использованием сепарабельного мультирангового потенциала нуклон-нуклонного взаимодействия; расчет зарядового формфактора ядра гелия-4 в релятивистском случае.

Уточнение метода обобщенного эйконального приближения с учетом диаграмм до тройного мягкого перерассеяния и его примение к реакциям d(p,2p)n и d(d,2p)nn, индуцированных жестким упругим pp рассеянием.

Развитие теоретических моделей и методов для исследования нелинейных квантовых процессов при взаимодействии фотонов и заряженных частиц с интенсивными лазерными полями с особым вниманием к наиболее актуальным нелинейным процессам рождения электрон-позитронных пар.

Формулировка неэкстенсивной квантово-статистической адронной модели для смеси сортов адронов в рамках статистической механики Цаллиса и вычисление точных адронных распределений по поперечному импульсу. Применение этих распределений для описания экспериментальных данных для адронов, образованных в столкновениях тяжелых ионов и протонов с протонами при энергиях LHC и RHIC.

Анализ данных сечений рассеяния протонов ядрами углерода, кальция, никеля и свинца при энергиях 200-1000 МэВ с помощью построенного микроскопического потенциала. Получение параметров элементарной амплитуды NN-рассеяния на связанных нуклонах ядра, сравнение с соответствующими параметрами рассеяния протонов на свободных нуклонах.

Исследование поведения скалярных глюболов при конечной температуре в рамках подхода, основанного на усеченных уравнениях Дайсона-Швингера в радужном приближении с калибровкой Ландау. Численное решение системы связанных уравнений для духовых и глюонных пропагаторов в зависимости от температуры T, частоты Мацубары Omega_n и квадрата трехимпульса k^2 в большом диапазоне T. Расчет температурно-зависимого уравнения Бете-Солпитера для скалярных глюболов с использованием этого решения. Исследование возможных фазовых переходов из связанного состояния глюбола в свободную глюонную плазму. Данное исследование напрямую связано с проблемами фазовых переходов в кварк-глюонную плазму в горячей ядерной среде (например, в процессах, планируемых для исследований на NICA).

Аналитические расчеты лептонной аномалии g-2, обусловленной пузырьковыми диаграммами Фейнмана до 10-го порядка в КЭД, в рамках комбинированного подхода Меллина-Барнса и дисперсионных соотношений для x параметризации соответствующих диаграмм.

Исследование свойств пиона в формализме Бете-Солпитера, исследование внемассового поведения пионных формфакторов.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Алжир	Сетиф	UFAS	Совместные работы	Хуамер С.
Армения	Ереван	ЕГУ	Совместные работы	Балбекян А. + 1 чел.
		РАУ	Совместные работы	Казарян Э.М. Саркисян А.А. + 1 чел.
Беларусь	Гомель	ГГТУ	Совместные работы	Лашкевич В.И. + 2 чел. Черниченко Ю.Д. + 1 чел.
	Минск	ИФ НАНБ	Совместные работы	Левчук М.И. + 1 чел.
Бельгия	Брюссель	ULB	Совместные работы	Байе Д. Спаренберг Ж.-М.
	Лувен-ля-Нёв	UCL	Совместные работы	Пиро Б.
Болгария	София	INRNE BAS	Совместные работы	Антонов А.А. Гайдаров М.К. Кадрев Д. Минков Н. Стоянов Ч. + 1 чел.
		NBU	Совместные работы	Мишев С.
Бразилия	Нитерой	UFF	Совместные работы	Любян Е.
	Сан-Жозе-дус-Кампус	ITA	Совместные работы	Фредерико Т.
	Сан-Паулу	UEP	Совместные работы	Томио Л.
	Флорианополис	UFSC	Совместные работы	Соуза Круз Ф.
Великобритания	Гилфорд	Ун-т	Совместные работы	Диаз-Торрес А. + 1 чел.
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Совместные работы	Зек Й.
	Дебрецен	Atomki	Совместные работы	Че Й.
Германия	Берлин	HZB	Совместные работы	фон Эрцен В.
	Билефельд	Ун-т	Совместные работы	Бланшар Ф.
	Бонн	UniBonn	Соглашение	Альбеверио С. + 1 чел.
	Гамбург	Ун-т	Соглашение	Шмельхер П. + 1 чел.

	Гисен	JLU	Соглашение	Ленске Х. + 1 чел. фон Смекал Л.
	Дармштадт	GSI	Соглашение	Ланганке К.-Х. Мартинес Пинедо Г. Хайнц С.
		TU Darmstadt	Соглашение	Нойман-Козел П. Пиетралла Н.
	Дрезден	HZDR	Соглашение	Грайфенхаген Р.
		TU Dresden	Соглашение	Кэмпфер Б. + 1 чел.
	Зиген	Ун-т	Соглашение	Брандт С. Дамен Х. Штро Т.
	Кёльн	Ун-т	Совместные работы	Жоли Ж.
	Лейпциг	UoC	Соглашение	Бордаг М.
	Майнц	JGU	Соглашение	Острик М. Тиатор Л. Томас А.
	Росток	Ун-т	Соглашение	Байер М. Моравец К. + 1 чел.
	Франкфурт/М	Ун-т	Соглашение	Братковская Е. Дернер Р. Шефлер М.
	Эрланген	FAU	Соглашение	Райнхард П.-Г.
Греция	Афины	INP NCSR "Demokritos"	Совместные работы	Бонатсос Д. + 2 чел.
Египет	Гиза	CU	Совместные работы	Абдулмагеад И. Сейф В.
	Каир	FUE	Совместные работы	Тавфик А.Н.
Индия	Касарагод	CUK	Совместные работы	Лавеен П.В. Прасад Е. Шамлат А. Шарееф М.
	Нью-Дели	IUAC	Совместные работы	Мадхаван Н.
	Чандигарх	PU	Совместные работы	Токур М.
Иран	Зенджан	IASBS	Совместные работы	Саедиан Ш.
Испания	Пальма	UIB	Совместные работы	Пуенте А. Пуйол-Надал Р. Серра Л.
Италия	Катания	INFN LNS	Совместные работы	Спиталери С. Черубини С.
	Мессина	UniMe	Совместные работы	Джиордина Дж. + 2 чел.
	Неаполь	INFN	Совместные работы	Гаргано А.
	Турин	UniTo	Совместные работы	Де Паче А.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Красовицкий П.М. Пеньков Ф.М.
		КазНУ	Совместные работы	Жаугашева С.А.
Китай	Ланьчжоу	IMP CAS	Совместные работы	Ган Ц. Даи Ф.Ц. Цуо В.
	Пекин	CIAE	Совместные работы	Вэн П. Жиа Х.М. Лин Ц.Ж. Чжанг Х.К.
		ITP CAS	Совместные работы	Шангуй Чжоу
		PKU	Совместные работы	Жи Менг + 1 чел.

	Шанхай	Ун-т	Совместные работы	Йи-Юань Ченг
Литва	Каунас	VMU	Совместные работы	Девейкис А.
Мексика	Мехико	UNAM	Совместные работы	Хесс П.О.
Норвегия	Берген	UIB	Совместные работы	Вааген Я.
	Осло	UiO	Обмен визитами	Бергхольт А.
				Рекстад Дж.
Польша	Варшава	UW	Совместные работы	Идзиашек З.
	Краков	INP PAS	Совместные работы	Адамчак А.
				Беднарчик П.
	Люблин	UMCS	Совместные работы	Гоздз А.
	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Совместные работы	Коваль М. + 2 чел.
Республика Корея	Сеул	SNU	Совместные работы	О И.С.
	Тэджон	IBS	Совместные работы	Ким К.
				Ким Я.
	Чонджу	JBNU	Совместные работы	Ли Х.-Ж.
Россия	Владивосток	ДВФУ	Совместные работы	Гой А.А. + 3 чел.
				Гой В.А.
				Молочков А.В.
				Резник Б.Л. + 3 чел.
				Суськов С.Е.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Обмен визитами	Исаков В.И.
	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Митин А.В.
	Москва	МГУ	Совместные работы	Шкаликов А.А.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Гончаров С.А.
				Тетерева Т.В.
				Третьякова Т.Ю.
				Чувильский Ю.М.
		НИЦ КИ	Обмен визитами	Борзов И.Н.
				Камерджиев С.П. + 2 чел.
			Совместные работы	Толоконников С.
		НИЯУ "МИФИ"	Обмен визитами	Федотов А.М.
			Совместные работы	Пятков Ю.В.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Обмен визитами	Ваградов Г.М.
	Омск	ОмГУ	Совместные работы	Косенко Г.И. + 2 чел.
	Санкт-Петербург	ВНИИМ	Совместные работы	Карпешин Ф.Ф.
		СПбГУ	Совместные работы	Яковлев С.Л. + 2 чел.
	Саратов	СГУ	Совместные работы	Смолянский С.А. + 2 чел.
	Томск	ТПУ	Соглашение	Лидер А.М.
	Хабаровск	ТОГУ	Совместные работы	Мазур А.И.
Румыния	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Делион Д.
				Исар А.
		UB	Совместные работы	Немнес Г.А.
	Клуж-Напока	UBB	Совместные работы	Пашка Х. + 2 чел.
Сербия	Белград	IPB	Совместные работы	Грозданов Т.
				Симонович Н.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Ружичка Я.
		IP SAS	Совместные работы	Бетак Е.
США	Нотр-Дам	ND	Совместные работы	Апрахамян А.
				Гарг У.
	Юниверсити-Парк	Penn State	Совместные работы	Стрикман М.И.
Узбекистан	Наманган	НамИТИ	Совместные работы	Усманов П.Н. + 2 чел.
	Самарканд	СамГУ	Совместные работы	Лакаев С.Н.
	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Алпомешев Е.Х.
				Ганиев О.К.

				Каюмов В.М. Муминов А.И. Юлдашева Г.А.
		НИИПФ НУУз	Совместные работы	Муминов Т.М.
		ФТИ НПО "Ф.-С." АН РУз	Совместные работы	Ишмуратов А.Н.
Франция	Кан	GANIL	Соглашение	Плошайчак М.
	Орсе	IJCLab	Соглашение	Верне Д. Лакруа Д.
Чехия	Прага	CU	Совместные работы	Квасил Я. + 1 чел.
Швеция	Гётеборг	Chalmers	Совместные работы	Жуков М.В.
	Лунд	LU	Совместные работы	Оберг С.
ЮАР	Йоханнесбург	WITS	Соглашение	Дональдсон Л. Усман И.
	Претория	UP	Совместные работы	Гопане М. Тшипи Т.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Соглашение	Смит Ф.Д.
	Стелленбос	SU	Соглашение	Хайс В.Д.
Япония	Кобе	Kobe Univ.	Совместные работы	Мории Т.
	Мориока	Iwate Univ.	Совместные работы	Нишизаки С.
	Осака	Osaka Univ.	Совместные работы	Такабе Н.
		RCNP	Совместные работы	Ейджири Х. Мицуи Х. Токи Х. + 1 чел.

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, 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. 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 «Нанобиофотоника» 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., Куземский А.Л., Максимов П.А., Нгуен Д.Т., 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., 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:
Расчет магнитного спектра в модели Китаева на треугольной решетке с учетом квантовых поправок.

Определение магнитного гамильтониана китаевского антиферромагнетика $BaCo_2(AsO_4)_2$ из данных неупругого нейтронного рассеяния.

Исследование образования дефектов в титановых сплавах для нужд проектирования и обработки данных в позитронных экспериментах.

Численное исследование электронных и структурных свойств ванадата висмута в целях получения эффективных электронных токовых преобразователей.

Вычислительное описание химических реакций на кристаллических поверхностях.

Исследование скейлинговых соотношений в теории сильно неравновесных и турбулентных бозе-атомов в ловушках.

Разработка подхода к описанию возникающей упорядоченности в сложных статистических системах, путем введения индексов порядка.

Развитие и изучение модели сложной сети с цветным собственным шумом.

Исследование корреляционных свойств систем плотной случайной упаковки со степенным распределением их размеров в термодинамическом пределе: критерии пространственной случайности и влияние ее неслучайности на корреляционные свойства.

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 и точное решение решеточных моделей взаимодействующих частиц с химическими реакциями.

Точное решение моделей взаимодействующих частиц с аннигиляцией и коагуляцией на периодической одномерной решетке.

Описание аномального поведения коэффициентов конечноразмерных поправок для модели димеров на решетке с различными граничными условиями.

Исследование «запутанных состояний» и магнитных свойств в кластерах, содержащих медь, никель и кобальт со спинами 1/2, 1 и 3/2 соответственно.

Описание динамики восстановления разрывов двухцепочечных полимеров с помощью модели ротора-маршрутизатора, также известной как эйлерово блуждание.

Построение фазовой диаграммы основного состояния димеризованной XXZ цепочки в присутствии поперечного однородного и альтернированного магнитных полей методом ренормгруппы.

Объяснение каскадов перколяционных переходов в моделях типа клеточных автоматов с помощью анализа нулей Ли-Янга обобщенных статсумм стационарных (неравновесных) состояний. Развитие метода ренормгруппы для анализа таких переходов.

Вычисление разреженного эллиптического бета-интеграла, доказывающего равенство суперконформных индексов в дуальности Зайберга для простейших суперсимметричных калибровочных теорий поля на специальном линзовом пространстве.

Исследование новой рациональной версии интегрируемой модели Руджинарса, связанной с комплексными гипергеометрическими функциями. Построение полного набора собственных функций соответствующего многочастичного гамильтониана путем специального вырождения известных волновых функций гиперболической модели Руджинарса.

Построение серии постоянных R-матриц gl(2|1) типа, связанных с симметрическими степенями векторного представления, их бакстеризация и исследование их приложений.

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

ЛТФ Абдельгани М., Ангел Д., Белгибаев Т., Кешарпу К.К., Кочетов Е.А., Красавин С.Е., Куликов К.В., Мацко Н.Л., Рахмонов И.Р., Соболев И.К., Шукринов Ю.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 «Нанобиофотоника» 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 Учебно-научной технологической лаборатории «Графеновые нанотехнологии» СВФУ (синтез), института 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 влияния резонансных примесей на электрическое сопротивление поликристаллического графена.

Изучение влияния спин-орбитального взаимодействия Рашбы и магнитного поля на топологические свойства сильнокоррелированной сверхпроводящей нанопроволоки.

Исследование топологической сверхпроводимости, индуцированной сильными электронными (e-e) корреляциями.

Анализ влияния фононных мод на зонные и транспортные характеристики в различных наноструктурах.

Расчеты из первых принципов фотолюминисценции атомов редкоземельных металлов, помещенных на подложку типа графен/дихалькогенид переходного металла (ДПМ), а также помещенных между слоями графен/ДПМ.

Исследование роли ферромагнитных резонансов в джозефсоновском переходе с ферромагнетиком.

Разработка методики переворота намагниченности отдельных элементов массива связанных наномагнитов при помощи импульсов сверхпроводящего тока через джозефсоновские элементы.

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., Компаниец М.В., Лебедев Н.М., Мижишин Л., Молотков Ю.Г., Налимов В.Ю., Севастьянов Л.

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:
Вычисление термодинамических параметров многокомпонентного ферми-газа в унитарном пределе с помощью уравнений непертурбативной ренормгруппы как вблизи точки сверхтекучего фазового перехода, так и при произвольных температурах.

Исследование теоретико-полевой модели стохастической магнитной гидродинамики с нарушенной зеркальной симметрией: вычисление ультрафиолетовых Λ-расходимостей в функции отклика магнитного поля в двухпетлевом приближении и их устранение механизмом спонтанного нарушения симметрии. Вычисление параметров α-эффекта, связанного с возникающей электродвижущей силой.

Двухпетлевые вычисления в модели турбулентного переноса векторной примеси с нелинейностью максимально общего вида несжимаемой средой, моделируемой стохастическим уравнением Навье-Стокса.

Исследование изотропной перколяции: трехпетлевые расчеты констант реномрировки теоретико-полевой модели и динамического критического индекса.

Расчеты в А-модели критической динамики методом гиперлогарифмов. Шестипетлевой расчет рг-функций в модели φ^6.

Вычисление неуниверсальных критических показателей методом функциональной ренормгруппы в модели случайно растущей поверхности, включающей бесконечное количество констант связи. Изучение зависимости вычисленных показателей от параметров модели.

Расчет критических размерностей полей скорости и плотности в окрестности λ-точки. Вывод квантового аналога уравнения Навье-Стокса на основе формализма временных функций Грина при конечной температуре.

Описание стохастических кинетических систем на основе финслеровой геометрии, решение кинетических уравнений для стохастических моделей с использованием нейронных сетей на основе физики (PINN).

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Австралия	Канберра	ANU	Обмен визитами	Мангазеев В.
	Сидней	Ун-т	Совместные работы	Молев А.
Армения	Ереван	ЕГУ	Совместные работы	Мамасахлисов Е.Ш.
				Морозов В.Ф.
		ННЛА	Совместные работы	Ананикян Н.С.
				Апресян Е.
Беларусь	Минск	ИМ НАНБ	Обмен визитами	Малютин В.Б.
			Совместные работы	Малютин В.Б.
		ИФ НАНБ	Обмен визитами	Килин С.Я. + 5 чел.
			Совместные работы	Килин С.Я. + 5 чел.
		НПЦ НАНБ	Обмен визитами	Сайко А.П. + 5 чел.
			Совместные работы	Сайко А.П. + 5 чел.
Болгария	София	IMech BAS	Совместные работы	Бънзарова Н.
				Пешева Н.
		ISSP BAS	Совместные работы	Шамати Х. + 3 чел.
Бразилия	Натал	IIP UFRN	Совместные работы	Ферраз А.
	Сан-Паулу	USP	Совместные работы	Банято В.С.
Великобритания	Ковентри	Warwick	Совместные работы	Заборонский О.В.
Германия	Вуппераль	UW	Совместные работы	Боос Г.
	Лейпциг	UoC	Совместные работы	Бордаг М.
Египет	Гиза	CU	Совместные работы	Ел Шербини Т.М.
Индия	Калькутта	IACS	Совместные работы	Сенгупта К.
Иран	Зенджан	IASBS	Совместные работы	Колахчи М.
Канада	Монреаль	UdeM	Совместные работы	Луценко И.М.
	Шербрук	UdeS	Совместные работы	Бурбонне К.
Китай	Пекин	"Tsinghua"	Совместные работы	Белоусов Н.М.
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Обмен визитами	Сангаа Д.
Польша	Вроцлав	WUT	Совместные работы	Миржеевски М.
Россия	Владивосток	ДВФУ	Совместные работы	Овчинников П.А.
				Солдатов К.С.
	Москва	НИУ ВШЭ	Обмен визитами	Горбунов В.Г.
				Гриценко В.А.
				Уваров Ф.В.
				Хорошкин С.М.
		РУДН	Совместные работы	Кулябов Д.С. + 2 чел.
	Новосибирск	ИНХ СО РАН	Совместные работы	Окотруб А.В. + 3 чел.
		ИФП СО РАН	Обмен визитами	Антонова И.В. + 2 чел.
	Протвино	ИФВЭ	Обмен визитами	Разумов А.В.
				Сапонов П.А.
	Санкт-Петербург	ПОМИ РАН	Обмен визитами	Быцко А.Г.
				Мудров А.И.
			Совместные работы	Деркачев С.Э.
		СПбГУ	Совместные работы	Какинь П. + 2 чел.
	Саратов	СГУ	Совместные работы	Колесникова А.С.
	Томск	ТПУ	Совместные работы	Лаптев Р.С.
Румыния	Бухарест	UB	Совместные работы	Немнес Г.А.
	Тимишоара	UVT	Совместные работы	Бика И.
Сербия	Белград	INS "VINCA"	Совместные работы	Текич Д.

Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Плеценик А.
	Кошице	IEP SAS	Обмен визитами	Пудлак М. + 1 чел.
		UPJS	Совместные работы	Лучивянски Т. + 3 чел.
США	Пасадена	Caltech	Совместные работы	Райнс Э.М.
Финляндия	Хельсинки	UH	Совместные работы	Хонконен Ю. + 2 чел.
Франция	Анже	UA	Обмен визитами	Рубцов В.
	Марсель	CPT	Совместные работы	Огиевецкий О.
ЮАР	Претория	UNISA	Совместные работы	Бота А.Е.
Япония	Уцуномия	UU	Совместные работы	Ирие А.

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, Израиль, Иран, Ирландия, Испания, Италия, Казахстан, Китай, Кыргызстан, Польша, Португалия, 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:
Вычисление цветовых факторов в бесконечных сериях диаграмм Фейнмана, возникающих в неабелевых калибровочных теориях, на основе свойств расщепленного оператора Казимира. Поиск новых серий представлений всех простых алгебр Ли (не известных в рамках универсальности Вожеля), допускающих универсальное описание. В частности, поиск универсальных формул для всех размерностей этих представлений.

Построение и анализ аналитических решений в виде черных дыр с АдС асимптотикой в 3d N=(2,0) калибровочной супергравитации с гиперболическим таргет пространством сигма-модели; исследование термодинамических свойств построенных голографических РГ потоков при конечной температуре.

Поиск формулировки N=(1,0), d=6 супергравитации, в которой антисамодуальное уравнение движения для тензорной степени свободы индуцировалось бы с помощью суперполевого механизма Пасти-Сорокина-Тонина.

Исследование представления с непрерывным спином для групп симметрий пространств AdS и dS. В частности, вычисление в довольно общем представлении операторов Казимира соответствующей алгебры в размерности D=4. Анализ спектра этих операторов в рамках уже предложенных моделей для частиц с непрерывным спином в пространствах постоянной кривизны.

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

ЛТФ Будехина А.С., Бухбиндер И.Л., Заиграев Н.М., Нерсесян А.П., Петухов Е.Д., 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 T-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 Кокстера.

Нахождение функционально независимых сохраняющихся токов Лиувилля, а также дополнительного набора сохраняющихся токов, в N=2 суперсимметричных моделя 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 подлидирующих 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.

Построение лагранжевой формулировки суперсимметричной теории поля бесконечного спина во внешнем поле N=1 супергравитации.

Построение минимального взаимодействия полей бесконечного спина и полей высших спинов с полями фиксированного спина.

Построение и изучение на классическом и квантовом уровнях N=4 суперсимметричного расширения модели Пёшля-Теллера.

Построение моделей N=4 суперсимметричной механики со спиновыми степенями свободы на основе взаимодействия линейных и нелинейных супермультиплетов. Исследование нелинейных мультиплетов как полудинамических (спиновых) мультиплетов.

Поиск суперполевого описания длинных приводимых мультиплетов N=4 суперсимметричной механики и построение модели с их взаимодействием. Квантование построенных моделей.

Построение гамильтоновой формулировки систем релятивистских частиц с лагранжианами, зависящими от внешних кривизн изотропных и неизотропных кривых в трех- и четырехмерных пространствах Минковского, и их исследование.

Построение на основе метода Ольшанецкого-Переломова набора лиувиллиевских токов и дополнительных сохраняющихся зарядов для моделей Калоджеро-Мозера с N=2 суперсимметрией, связанных с корневыми системами групп серий B_n, C_n и D_n.

Изучение интегрируемости моделей Калоджеро-Мозера-Сазерленда с N=2 и N=4 суперсимметрией путем нахождения соответствующей пары Лакса и сохраняющихся токов. Построение пар Лакса для N-расширенной суперсимметричной модели Эйлера-Калоджеро-Мозера.

Поиск собственных функций двухчастичного гамильтониана комплексной рациональной модели Руджинаарса-Сазерленда.

Построение и исследование новых решений U(1) калибровочной теории Эйнштейна-Скирма-Максвелла, представляющих собой черные дыры с полями материи и мультиполярные пионные звезды, стабилизированные гравитационным взаимодействием.

Исследование симметрий Редже для 6j-символов унитарных представлений основной серии группы SL(2,C). Изучение свойств 6j-символов унитарных представлений основной серии группы SL(2,C) в пределе больших спинов.

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

ЛТФ Давыдов Е.А., 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 (causaldiamonds), 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:
Исследование динамической компактификации и получение эффективного потенциала Хиггса в многомерных космологических моделях со скалярным полем и членом типа Гаусса-Боне.

Исследование воздействия плоских ударных гравитационных волн (УГВ) на классические и квантовые полевые системы. Рассмотрение УГВ от разных источников (безмассовая частица, нулевая струна, нулевая брана), включая УГВ с функцией профиля, зависящей от времени.

Исследования задачи рассеяния УГВ на гравитирующих источниках. Исследование вторичных ударных волн в самих полевых системах, вызываемых первичными УГВ.

Исследование скачков тензора-энергии импульса полей на нулевых поверхностях, их геометрическая интерпретация в теории гравитации Эйнштейна. Сравнение неаналитичностей лоренцевых многообразий на нулевых гиперповерхностях (неаналитичности кривизны типа дельта-функции и тэта-функции).

Исследование физических эффектов плоских УГВ с распределенной поверхностной плотностью энергии вдоль волнового фронта, источниками которых могут быть ультрарелятивистские тяжелые ионы (в предельном случае). Исследование эффекта квантового рождения частиц УГВ с функцией профиля, зависящей от времени.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Австралия	Перт	UWA	Обмен визитами	Бухбиндер Е. Кузенко С. + 2 чел.
	Сидней	Ун-т	Совместные работы	Молев А. + 1 чел.
Армения	Аштарак	ИРЭ НАН РА	Совместные работы	Геворкян Ж. Давтян М.
		ИФИ НАН РА	Обмен визитами	Ишханян А.
	Ереван	ННЛА	Обмен визитами	Аветисян А. Демирчян О. Манвелян Р. Мкртчян Р. Хакобян Т. Хастян Э.
Болгария	София	INRNE BAS	Обмен визитами	Добрев В. Илиев Б. Тодоров И.Т. + 2 чел.
		SU	Совместные работы	Иванов Ц. Рашков Р.
Бразилия	Жуис-ди-Фора	UFJF	Совместные работы	Дериглазов А. Шапиро И.Л.

	Сан-Паулу	USP	Совместные работы	Ферейра Л.
	Санту-Андре	UFABC	Обмен визитами	Василевич Д.В.
Великобритания	Глазго	U of G	Совместные работы	Фейгин М.В.
	Дарем	Ун-т	Обмен визитами	Дорей П.
			Совместные работы	Сатклифф П.
	Кембридж	Ун-т	Обмен визитами	Осборн Х.
	Кентербери	Ун-т	Совместные работы	Крач С.
	Лондон	Imperial College	Обмен визитами	Стелл К. + 2 чел.
				Цейтлин А.
Германия	Бонн	UniBonn	Обмен визитами	Русецкий А.
	Ганновер	LUH	Совместные работы	Лехтенфельд О. + 2 чел.
			Соглашение	Драгон Н. + 2 чел.
	Лейпциг	UoC	Соглашение	Бордаг М.
	Мюнхен	LMU	Совместные работы	Муханов В.
	Ольденбург	IPO	Совместные работы	Азад Б.
				Кунц Ю.
	Потсдам	AEI	Обмен визитами	Николаи Х.
				Тейзен С.
Греция	Афины	UoA	Совместные работы	Зупанос Дж. + 1 чел.
Израиль	Иерусалим	HUJI	Обмен визитами	Рабиновичи Е.
	Тель-Авив	TAU	Совместные работы	Маломед Б.
Иран	Исфахан	Ун-т	Совместные работы	Лоран Ф.
	Тегеран	FU	Совместные работы	Жафари Г.
		IPM	Соглашение	Сабеджан С.
				Шейх-Джаббари М.М.
Ирландия	Дублин	DIAS	Совместные работы	Чракян Д.
Испания	Барселона	IEEC-CSIC	Обмен визитами	Одинцов С.Д.
	Бильбао	UPV/EHU	Совместные работы	Бандос И.
	Валенсия	IFIC	Обмен визитами	Де Азкаррага Х.А.
	Вальядолид	UVa	Обмен визитами	Кастаньеда Х.М.М.
	Сантьяго-де-Компостела	USC	Совместные работы	Адам К.
Италия	Падуя	UniPd	Соглашение	Бассетто А.
				Сорокин Д.
	Триест	SISSA/ISAS	Соглашение	Бонора Л. + 1 чел.
	Турин	UniTo	Совместные работы	Фре П. + 2 чел.
	Фраскати	INFN LNF	Соглашение	Беллуччи С. + 2 чел.
Казахстан	Алма-Ата	КазНУ	Совместные работы	Джунушалиев В.
Китай	Гуанчжоу	SYSU	Совместные работы	Гуо Х.
	Наньчан	NCU	Совместные работы	Хуанг Х.
	Пекин	UCAS	Совместные работы	Лиу Х.
	Хэнъян	USC	Обмен визитами	Гуднассон С.
	Шанхай	Ун-т	Обмен визитами	Коробков М.
Кыргызстан	Бишкек	БГУ	Совместные работы	Фоломеев В.
Польша	Белосток	UwB	Обмен визитами	Одзиевич А.
	Вроцлав	UW	Обмен визитами	Лукерски И.
				Попович З.
				Фридришак А.
			Соглашение	Боровец А.
	Краков	JU	Обмен визитами	Вережинский А.
				Романчукевич Т.
Португалия	Авейру	UA	Обмен визитами	Раду Ю.
			Совместные работы	Эрдейру С + 1 чел.
Россия	Воронеж	ВГУ	Обмен визитами	Минаков А.

	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Бондал А.
				Мусаев Э.
	Казань	КФУ	Обмен визитами	Попов А.А.
				Сушков С.В.
	Москва	ГАИШ МГУ	Обмен визитами	Топоренский А.В.
		ИПМех РАН	Обмен визитами	Доброхотов С.
		ИТЭФ	Обмен визитами	Миронов А.
				Морозов А.Ю. + 4 чел.
				Ольшанецкий М.А.
				Рослый А.
		МГУ	Обмен визитами	Гальцов Д. + 2 чел.
				Степаньянц А.
			Совместные работы	Свешников К.А. + 2 чел.
				Талалаев Д.В.
				Шафаревич А.
		МИАН	Обмен визитами	Арефьева И.Я. + 2 чел.
			Совместные работы	Волович И.В.
				Катанаев М.
				Орлов Д.
				Славнов Н.А.
		НИУ ВШЭ	Обмен визитами	Пушкарь П.
		Сколтех	Обмен визитами	Казарян М.
		ФИАН	Обмен визитами	Барвинский А. + 1 чел.
				Васильев М.
				Мецаев Р.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Нугаев Э. + 2 чел.
	Новосибирск	НГУ	Обмен визитами	Миронов А.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Зиновьев Ю.
	Санкт-Петербург	ПОМИ РАН	Совместные работы	Деркачев С.Э. + 2 чел.
	Томск	ТГПУ	Совместные работы	Крыхтин В.
				Лавров П.
				Мерзликин Б.
				Снегирев Т.
		ТПУ	Совместные работы	Галажинский А.В.
				+ 3 чел.
	Черноголовка	ИТФ РАН	Обмен визитами	Белавин А.
				Соколов В.В.
				Старобинский А.А.
Сербия	Ниш	Ун-т	Совместные работы	Джорджевич Г.
				Димитриевич Д.
США	Колледж-Парк	UMD	Обмен визитами	Гэйтс Дж.
				Коутроликос К.
	Корал Габлс	UM	Совместные работы	Мезинческу Л. + 2 чел.
	Нью-Йорк	CUNY	Обмен визитами	Акулов В.
				Катто С.
				Корепин В.
		SUNY	Обмен визитами	Замолодчиков А.Б.
				Шуряк Е.
	Филадельфия	Penn	Совместные работы	Оврут Б.
Франция	Аннеси-ле-Вье	LAPP	Обмен визитами	Рагоси Э.
			Совместные работы	Сокачев Э.
	Лион	ENS Lyon	Обмен визитами	Сорба П.
			Совместные работы	Дельдук Ф.

	Марсель	CPT	Совместные работы	Кокоро Р. Огиевецкий О.В.
	Нант	SUBATECH	Соглашение	Смилга А.
	Париж	ENS	Совместные работы	Поликастро Дж.
		LUTH	Совместные работы	Гургуйон Э.
	Тур	Ун-т	Совместные работы	Волков М. Гарад Ж.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Альварец-Гоме Л. + 2 чел. Антониадис И. + 1 чел. Феррара С. + 2 чел.
Чехия	Прага	CTU	Обмен визитами	Бурдик Ч. + 3 чел.
Япония	Окинава	OIST	Обмен визитами	Цулая М.
	Токио	Keio Univ.	Совместные работы	Нитта М. + 1 чел.
		UT	Обмен визитами	Савадо Н. Юки А.

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

Участие в международных экспериментах

02-1-1066-2007

Исследование свойств ядерной материи и структуры частиц на коллайдере релятивистских ядер и поляризованных протонов

Руководители темы: Ледницки Р.
Панебратцев Ю.А.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Болгария, Вьетнам, Египет, Индия, Казахстан, Китай, Куба, Мексика, Монголия, Россия, Сербия, Словакия, США, Франция, Чехия.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Изучение свойств ядерной материи, находящейся в состояниях с экстремально высокими плотностью и температурой, поиск признаков проявления деконфайнмента кварков и возможных фазовых переходов в среде, образующейся при соударениях тяжелых ядер при энергиях коллайдера RHIC. Измерение спин-зависимых структурных функций нуклонов и ядер с использованием поляризованных пучков RHIC.

Проект по теме:

Наименование проекта	**Руководитель 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

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.

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 14,6, 19,6 и 27 ГэВ.

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.

Изучение возможности будущего расширения исследования структуры ядра и спиновой структуры протона в *e-p* и *e*-A столкновениях на комплексе NICA, а также изучения возможности участия в разработке проекта электрон-ионного коллайдера (EIC).

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

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., Дунин В.Б., Дедович Т.Г., Кекечян А.О., Коробицын А.А., Лыонг Б.В., Нигматкулов Г.А., Панюшкина С.С., 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 BES II.

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.

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., Любошиц В.В., 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., Коробицын А.А., Лыонг Б.В., Нигматкулов Г.А., Панюшкина С.С., 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 импульс. Определение фрактальной структуры взаимодействий в событиях с большой множественностью.

Определение пространственно-временных параметров в моде с фиксированной мишенью.

Изучение рождения нейтральных каонов в области малых поперечных импульсов.

4. Модернизация установки STAR для измерений в области быстрот $2{,}5 < \eta < 4{,}2$. 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., Нигматкулов Г.А., 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 Апарин А.А., Агакишиев Г.Н., Коробицын 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:
Развитие методов машинного обучения для анализа экспериментальных данных с установки STAR.

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 Воронцова Н.И., Голубева Е.И., Осмачко М.П., 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:
Подготовка VR-экскурсии на ускорительный комплекс NICA, подготовка учебного пособия «Экспериментальная ядерная физика и ядерная электроника», развитие выставочной экспозиции в зале NICA/MPD.

7.	**Проработка предложений по созданию детекторов для изучения поляризационных явлений на коллайдерах**	**Дунин В.Б.**	2024-2026 Подготовка проекта

ЛФВЭ 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.

8. Изучение возможности будущего расширения исследования структуры ядра и спиновой структуры протона в *e-p* и *e*-A столкновениях на комплексе NICA, а также изучения возможности участие в разработке проекта электрон-ионного коллайдера (EIC)

Апарин А.А.

2024-2026

Подготовка проекта

ЛФВЭ Дунин В.Б., Коробицын А.А., Лашманов Н.А., Панюшкина С.С., Рогов В.Ю.

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:
Создание стенда на основе сцинтилляционного годоскопа со съёмом информации с силиконовых фотоумножителей для работ по созданию прототипа детектора черенковского излучения (DIRC).

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	ИРП НАНА	Совместные работы	Шахалиев Э.И.
Армения	Ереван	ННЛА	Совместные работы	Тумасян Армен
Болгария	София	INRNE BAS	Совместные работы	Бънзаров И.Ж. + 1 чел.
				Ванков И.
		SU	Совместные работы	Гурев В.
				Райновский Г.
Вьетнам	Далат	DNRI	Совместные работы	Лыонг Ба Винь
Египет	Гиза	NILES CU	Соглашение	Абдель Тавфик
	Каир	AUC	Соглашение	Хаммед Ахмед + 3 чел.
Индия	Джамму	Ун-т	Совместные работы	Башин Анжу
	Тирупати	IISER	Совместные работы	Джена Читрасен
	Чандигарх	PU	Совместные работы	Кумар Локеш
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Исадыков А.
Китай	Ланьчжоу	IMP CAS	Совместные работы	Сабхаш Сингх
	Ухань	CCNU	Совместные работы	Хаофенг Луо
Куба	Гавана	InSTEC	Совместные работы	Гузман Ф.
Мексика	Мехико	UNAM	Совместные работы	Аяла Алехандро
Монголия	Улан-Батор	MNUE	Совместные работы	Жанчив Ш.
Россия	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Рогачев А.В.
	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Ставинский В.В.
		НИЯУ "МИФИ"	Совместные работы	Нигматкулов Г.А.
				Стриханов М.Н. + 3 чел.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Васильев А.Н. + 10 чел.

	Санкт-Петербург	СПбГУ	Совместные работы	Браун М.А. + 2 чел. Феофилов Г.А.
Сербия	Белград	INS "VINCA"	Совместные работы	Милошевич Й.
	Нови-Сад	UNS	Совместные работы	Крмар М.
Словакия	Братислава	IP SAS	Совместные работы	Филип П.
	Кошице	UPJS	Совместные работы	Вокал С. + 2 чел.
США	Аптон	BNL	Совместные работы	Ли Жуан Руан
			Соглашение	Архипкин Д. Жанг Бу Ну + 12 чел.
	Беркли	Berkeley Lab	Совместные работы	Ну Шу
	Блумингтон	IU	Совместные работы	Джакобс В. + 2 чел.
	Лемонт	ANL	Совместные работы	Спинка Х.
	Нью-Хейвен	Yale Univ.	Совместные работы	Кайнес Х. Ульрих Т.
	Стони-Брук	SUNY	Совместные работы	Лесли Р.
	Чикаго	UIC	Совместные работы	Евдокимов О.
	Юниверсити-Парк	Penn State	Совместные работы	Хеппельман С.
Франция	Нант	SUBATECH	Совместные работы	Эразмусс Б. + 2 чел.

02-2-1081-2009

ATLAS
Модернизация установки и физические исследования на LHC

Руководители темы: Бедняков В.А.
Елецких И.В.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Германия, Грузия, Израиль, Италия, Испания, Канада, Нидерланды, Россия, Словакия, США, Франция, ЦЕРН, Чехия.

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 АТЛАС, моделировании исследуемых физических процессов и модернизации основных систем детектора.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	ATLAS Физические исследования на LHC	Бедняков В.А. Елецких И.В.	02-2-1081-1-2010/2025
2.	Модернизация детектора ATLAS	Чеплаков А.П. Гонгадзе А.	02-1-1081-2-2013/2025

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**ATLAS** **Физические исследования на LHC**	**Бедняков В.А.** **Елецких И.В.**	Техпроект

ЛЯП Артиков А.А., Атанов Н.В., Баранов В.Ю., Батусов В.Ю., Бойко И.Р., Васюков А.О., Глаголев В.В., Гладилин Л.К., 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., Демичев М.А., Диденко А.Р., Ермольчик В.Л., Ермольчик Ю.В., Ершова А.В., Жемчугов А.С., Иванов Ю.П., Калиновская Л.В., Карпов С.Н., Карпова З.М., Каурцев Н.Н., Киричков Н.В., Кожевников Д.А., Коваль О.А., Ковязина Н.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.), Нефедов Ю.А., Ноздрин А.А., Плотникова Е.М., Пороховой С.Ю., Потрап И.Н., Руденко Т.О., Сапронов А.А., Симоненко А.В., Сотенский Р.В., Терешко П.В., Терещенко В.В., Троеглазов И.Н., Тропина А.Д., Усов Ю.А., Харченко Д.В., Чижов М.В., Шайковский А.В., Шалюгин А.Н., Шиякова М.М.

ЛФВЭ Ахмадов Ф.Н., Зимин Н.И., Иванов А.В., Кухтин В.В., Ладыгин Е.А., Манашова М., Нагорный С.Н., Солошенко А.А., Туртувшин Т., Филиппов Ю.А., Чеплаков А.П., 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.

Ассоциированный персонал ATLAS Амирханов А.Н., Бобровников В., Бузыкаев А., Кучинская О.И., Масленников А., Резанова О., Снесарёв А.А., Солдатов Е.Ю., Тихонов Ю., Филимонов С.Н., Шрайбер И.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.

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.

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.

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.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Изучение резонансного рождения пар Jpsi-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 Jpsi-мезон и несколько легких адрнов.

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 чувствительности к исследуемому процессу.

Изучение спектров тяжелых прелестных мезонов, в частности, измерение свойств возбужденных состояний *Bc*-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-, 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.

2. Модернизация детектора ATLAS **Чеплаков А.П.** (ЛФВЭ) **Гонгадзе А**.

Реализация

ЛФВЭ Ахмадов Ф.Н., Кухтин В.В., Ладыгин Е.А., Манашова М., Туртувшин Т.

ЛЯП Атанов Н.В., Баранов В.Ю., Бойков А.В., Грицай К.И., Давыдов Ю.И., Малюков С.Н., Минашвили И., Рогозин В.А., Шайковский А.В.

ЛНФ Булавин М.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Вторая фаза модернизации детектора АТЛАС 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).

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Завершение модернизации детекторных систем позволит обеспечить стабильную и эффективную работу установки АТЛАС при светимости LHC на уровне в 5-7 раз выше проектной величины около 10^{34} cm^{-2} s^{-1}, и набрать полную статистику на уровне 3000 fb^{-1}.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Разработка и создание прототипов камер RPC. Создание оптоволоконных кабелей для тестового стенда LAr. Создание прототипа оснастки для сборки HGTD.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	ИФ НАНА	Совместные работы	Гусейнов Н. + 5 чел.
Армения	Ереван	ННЛА	Совместные работы	Акопян Г.
Беларусь	Гомель	ГГТУ	Обмен визитами	Серенкова И.А. + 2 чел.
			Совместные работы	Бабич А.А. + 1 чел.
				Серенкова И.А. + 2 чел.
		ГГУ	Обмен визитами	Андреев В.В. + 1 чел.
				Максименко Н.В.
			Совместные работы	Андреев В.В. + 1 чел.
				Максименко Н.В.
	Минск	ИПФ НАНБ	Обмен визитами	Шуляковский Р.Г. + 2 чел.
			Совместные работы	Шуляковский Р.Г. + 2 чел.
		ИФ НАНБ	Обмен визитами	Кульчицкий Ю.А. + 2 чел.
				Курочкин Ю.А. + 3 чел.
			Совместные работы	Кульчицкий Ю.А. + 2 чел.
				Курочкин Ю.А. + 3 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Солин А.А.
				Солин А.В.
			Совместные работы	Солин А.А.
				Солин А.В.
Болгария	София	SU	Совместные работы	Чижов М.В.
Германия	Цойтен	DESY	Совместные работы	Ломан В.
				Шрайбер Й.
Грузия	Тбилиси	HEPI-TSU	Соглашение	Джобава Т. + 3 чел.
Израиль	Реховот	WIS	Совместные работы	Микенберг Г.
Испания	Барселона	IFAE	Совместные работы	Кавалли-Сфорца М.
Италия	Пиза	INFN	Совместные работы	Дель-Прете Т.
Канада	Ванкувер	TRIUMF	Совместные работы	Курчанинов Л.Л.

Нидерланды	Амстердам	NIKHEF	Совместные работы	Ван дер Грааф Х.
Россия	Владикавказ	СОГУ	Совместные работы	Тваури И.В.
	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Цукерман И.Н.
		МГУ	Совместные работы	Смирнова Л.Н.
		ФИАН	Совместные работы	Снесарев А.А. + 1 чел.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Денисов С.П. Зайцев А.М.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Дубничкова А.З. Токар С.
		IP SAS	Совместные работы	Дубничка С. + 3 чел.
США	Лемонт	ANL	Соглашение	Прайс Л.
Франция	Клермон-Ферран	LPC	Совместные работы	Вазей Ф.
	Орсе	LAL	Совместные работы	Фурнье Д.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Винктер М. Хоккер А.

02-1-1083-2009

CMS
Компактный мюонный соленоид на LHC

Руководитель темы: Каржавин В.Ю.

Научный руководитель темы: 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, Литва, Мексика, Нидерланды, Новая Зеландия, Пакистан, Польша, Республика Корея, Россия, Сербия, США, Тайвань, Турция, Узбекистан, Финляндия, Франция, Хорватия, ЦЕРН, Черногория, Чехия, Швейцария, Эстония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Разработка и реализация программы исследований на LHC по изучению явлений в рамках стандартной модели и за ее пределами; модернизация, запуск и эксплуатация экспериментального комплекса CMS.

Проекты по теме:

	Наименование проекта	Руководитель проекта	Шифр проекта
1.	CMS Физические исследования на LHC	Каржавин В.Ю.	02-1-1083-1-2010/2025
2.	Модернизация детектора CMS	Каржавин В.Ю.	02-1-1083-2-2010/2026

Проекты:

	Наименование проекта	Руководитель проекта	Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**CMS** **Физические исследования на LHC**	**Каржавин В.Ю.**	Реализация
1.1.	**Программа физических исследований на установке CMS**	**Шматов С.В.** (ЛИТ)	Реализация
ЛФВЭ	Алексахин В.Ю., Афанасьев С.В., Будковский Д.В., Гавриленко М.Г., Горбунов И.Н., Зарубин А.В., Жижин И.А., Каменев А.Ю., Кобылец Л.Г., Ланев А.В., Малахов А.И., Шалаев В.В., Шульга С.Г.		
ЛИТ	Войтишин Н.Н., Кодолова О.Л., Корсаков Ю.В., Никитенко А.О., Ососков Г.А., Пальчик В.В., Слижевский К.В.		
ЛТФ	Дека М., Зыкунов В.А., Козлов Г.А., Савина М.В., Теряев О.В.		
1.2.	**Адронная калориметрия**	**Зарубин А.В.**	Эксплуатация Набор данных
ЛФВЭ	Бунин П.Д., Голова Н.С., Ершов Ю.В., Куренков А.М.		
1.3.	**Передняя мюонная станция ME1/1**	**Каржавин В.Ю.**	Эксплуатация Набор данных
ЛФВЭ	Голунов А.О., Горбунов Н.В., Ершов Ю.В., Зарубин А.В., Кильчаковская С.В., Куренков А.М., Маканькин А.М., Перелыгин В.В.		
ЛИТ	Войтишин Н.Н., Пальчик В.В.		
1.4.	**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., Мицын В.В., Мойбенко А.Н., Олейник Д.А., Ососков Г.А., Пальчик В.В., Петросян А.Ш., Семенов Р.Н., Стриж Т.А., Трофимов В.В., Филозова И.А.

ЛФВЭ Горбунов Н.В., Голунов А.О.

Ассоциированный персонал CMS	Андреев Ю.М., Аушев Т., Грибушин А.М., Данилов М.В., Димова Т., Ершов А.А., Иванченко В.Н., Кирсанов М.М., Клюхин В.И., Козырев А.Н., Петрушанко С.В., Поликарпов С.Н., Радченко О., Сковпень Ю.И., Тлисова И.В., Торопин А.Н., Хейн Л., Чадеева М.В., Чистов Р.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Цель проекта – исследование физических процессов, протекающих при энергии Большого адронного коллайдера в протон-протонных столкновениях при энергиях 13–14 ТэВ в с.ц.м.; обработка и анализ экспериментальных данных эксперимента CMS, соответствующих интегральной светимости до 450 фбн$^{-1}$, с целью получения новых физических результатов по 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 и 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 в новой области энергий, измерения слабого угла смешивания и проверки распределений структурных функций кварков и глюонов (PDF);
–- изучение свойств струй КХД и уточнение функций фрагментации.

Также проект нацелен на эксплуатацию, поддержку работоспособности, контроль параметров и изучение физико-технических характеристик детекторов торцевых частей установки CMS - торцевых адронных калориметров (Hadron Endcap, HE) и передних мюонных станций (Muon Endcap, ME1/1)

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Проведение экспериментов на LHC, введение в эксплуатацию и обеспечение работы во время набора данных адронной калориметрии и мюонной станции ME1/1 при расчетной светимости и энергии.

Реализации программы физических исследований на установке CMS при проектной энергии взаимодействий пучков протонов и интегральной светимости до 450 фб$^{-1}$.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Проверка предсказаний Стандартной модели и поиск сигналов новой физики в канале с парой мюонов b/или парой b-кварков и недостающей поперечной энергии в конечном состоянии на основе обработки и анализа экспериментальных данных RUN2 и RUN3 с суммарной статистикой, соответствующей интегральной светимости до 350 фб$^{-1}$, 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.

Обеспечение передачи данных между центрами Tier-1/Tier-2 CMS и ОИЯИ.

2. Модернизация детектора CMS **Каржавин В.Ю.** Реализация

2.1. Модернизация передней мюонной станции ME1/1 **Каржавин В.Ю.** Модернизация

ЛФВЭ Голунов А.О., Горбунов Н.В., Ершов Ю.В., Каменев А.Ю., Куренков А.М., Маканькин А.М., Перелыгин В.В.

ЛИТ Войтишин Н.Н., Пальчик В.В.

2.2.	**Создание торцевых калориметров высокой гранулярности HGCal**	**Афанасьев С.В.**	Реализация
2.2.1.	**Создание экспериментального комплекса для проведения испытаний кассет HGCal**	**Афанасьев С.В. Малахов А.И.**	Реализация
2.2.2.	**Панели охлаждения и сенсоры для калориметра HGCal**	**Зарубин А.В.**	Реализация

ЛФВЭ Алексахин В.Ю., Бунин П.Д., Голунов А.О., Горбунов Н.В., Дубинчик Б.В., Ершов Ю.В., Кильчаковская С.В., Куренков А.М., Смирнов В.А., Сухов Е.В., Устинов В.В.

ЛИТ Войтишин Н.Н., Кореньков В.В., Сатышев И., Хведелидзе А., Шматов С.В.

УНЦ Юлдашев Б.С.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Начиная с 2029 года предусмотрена работа LHC при повышенной светимости вплоть до 7.5×10^{34} см$^{-2}$с$^{-1}$ (High Luminosity LHC, HL–LHC), что позволит увеличить статистику более чем на порядок (Lint ~ 3000 фбн$^{-1}$). С 2026 года по 2029 год запланирована длительная остановка (LS3) для модернизации LHC. Основной задачей модернизации установки CMS в этот период является обеспечение эффективной работы всех систем в режиме HL–LHC.
Целью данного проекта являются участие в создании торцевых калориметров высокой гранулярности (HGCal) и в модернизации катодно-стриповых камер (CSC) передней мюонной станции ME1/1 торцевой мюонной системы CMS.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Модернизация детекторов CMS в рамках ответственности ОИЯИ для эффективной работы в условиях высокой светимости коллайдера.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Модернизация детекторов мюонной станции ME1/1 и исследование деградации характеристик CSC камер при работе в условиях высокой светимости LHC.

Создание экспериментального комплекса и участие в проведении испытаний плоскостей с чувствительными элементами калориметра HGCal.

Применение технологии изготовления панелей охлаждения калориметра HGCal для серийного производства.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	**Город**	**Институт**	**Статус**	**Участники**
Австрия	Вена	HEPHY	Совместные работы	Вульц К.-Э. + 57 чел.
Армения	Ереван	ННЛА	Совместные работы	Тумасян А. + 6 чел.
Беларусь	Гомель	ГГУ	Обмен визитами	Андреев В.В. Максименко Н.В. + 1 чел.
			Совместные работы	Андреев В.В. Максименко Н.В. + 1 чел.
	Минск	НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Литомин А.В. Макаренко В.В. + 3 чел. Чеховский В.А. + 2 чел.
			Совместные работы	Литомин А.В. Макаренко В.В. + 3 чел. Чеховский В.А. + 2 чел.
Бельгия	Антверпен	UAntwerp	Совместные работы	Ван Мехелен П. + 15 чел.
	Брюссель	ULB	Совместные работы	Ванлаер П. + 31 чел.
		VUB	Совместные работы	Д'Хондт Ю. + 11 чел.
	Гент	Ugent	Совместные работы	Титгат М. + 21 чел.
	Лёвен	KU Leuven	Совместные работы	Леро П. + 4 чел.
	Лувен-ля-Нёв	UCL	Совместные работы	Далаере К. + 26 чел.
	Монс	UMONS	Совместные работы	Доби Е.

Болгария	София	INRNE BAS	Совместные работы	Султанов Г. + 17 чел.
		SU	Совместные работы	Литов Л. + 13 чел.
Бразилия	Рио-де-Жанейро	CBPF	Совместные работы	Алвес Г. + 8 чел.
		UERJ	Совместные работы	Мундим Л. + 39 чел.
	Сан-Паулу	Unesp	Совместные работы	Новаес С. + 23 чел.
Великобритания	Бристоль	Ун-т	Совместные работы	Голдштейн Ж. + 24 чел.
	Дидкот	RAL	Совместные работы	Шеферд-Земистоклиус К. + 37 чел.
	Лондон	Imperial College	Совместные работы	Бухмюллер О. + 51 чел.
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Совместные работы	Сиклер Ф. + 8 чел.
	Дебрецен	Atomki	Совместные работы	Молнар Ж. + 6 чел.
		UD	Совместные работы	Ужвари Б. + 2 чел.
Германия	Ахен	RWTH	Совместные работы	Стал А. + 14 чел. Фелд Л. + 17 чел. Хеббекер Т. + 53 чел.
	Гамбург	DESY	Совместные работы	Галло Е. + 110 чел.
		Ун-т	Совместные работы	Шлепер П. + 76 чел.
	Карлсруэ	KIT	Совместные работы	Мюллер Т. + 90 чел.
Греция	Афины	INP NCSR "Demokritos"	Совместные работы	Лукас Д. + 10 чел.
		NTU	Совместные работы	Циполитис Г. + 8 чел.
		UoA	Совместные работы	Сфикас П. + 26 чел.
	Янина	UI	Совместные работы	Фудас К. + 14 чел.
Грузия	Тбилиси	GTU	Совместные работы	Цамалаидзе З. + 11 чел.
		HEPI-TSU	Совместные работы	Цамалаидзе З. + 1 чел.
Индия	Джатни	NISER	Совместные работы	Свеин С.К. + 24 чел.
	Калькутта	SINP	Совместные работы	Саркар С. + 31 чел.
	Мумбаи	BARC	Совместные работы	Пант Л.М. + 8 чел.
		TIFR	Совместные работы	Дугад С. + 14 чел. Мазумдар К. + 19 чел.
	Чандигарх	PU	Совместные работы	Бхатнагар В. + 19 чел.
Иран	Тегеран	IPM	Совместные работы	Мохаммади М. + 6 чел.
Ирландия	Дублин	UCD	Совместные работы	Грюнвальд М. + 1 чел.
Испания	Мадрид	CIEMAT	Совместные работы	Алькарас Маестре Х. + 49 чел.
		UAM	Совместные работы	Де Трокониз Й. + 1 чел.
	Овьедо	UO	Совместные работы	Кавас Х. + 12 чел.
	Сантандер	IFCA	Совместные работы	Мартинес Риверо К. + 35 чел.
Италия	Бари	INFN	Совместные работы	Пульезе Г. + 54 чел.
	Болонья	INFN	Совместные работы	Фаббри Ф. + 44 чел.
	Генуя	INFN	Совместные работы	Ферро Ф. + 10 чел.
	Катания	INFN LNS	Совместные работы	Трикоми А. + 8 чел.
	Милан	INFN	Совместные работы	Геззи А. + 41 чел.
	Неаполь	INFN	Совместные работы	Фабоззи Ф. + 20 чел.
	Павия	INFN	Совместные работы	Бражери А. + 19 чел.
	Падуя	INFN	Совместные работы	Россин Р. + 81 чел.
	Перуджа	INFN	Совместные работы	Москателли Ф. + 37 чел.
	Пиза	INFN	Совместные работы	Вентури А. + 58 чел.
	Рим	INFN	Совместные работы	Параматти Р. + 29 чел.
	Триест	INFN	Совместные работы	Делла Рикка Д. + 7 чел.
	Турин	INFN	Совместные работы	Солано А. + 77 чел.
	Флоренция	INFN	Совместные работы	Паолетти С. + 31 чел.
	Фраскати	INFN LNF	Совместные работы	Пикколо Д. + 8 чел.
Кипр	Никосия	UCY	Совместные работы	Разис П.А. + 13 чел.

Китай	Пекин	"Tsinghua"	Совместные работы	Ху Ж. + 6 чел.
		IHEP CAS	Совместные работы	Чен М. + 54 чел.
		PKU	Совместные работы	Мао Я. + 30 чел.
	Ханчжоу	ZJU	Совместные работы	Хао М. + 9 чел.
Литва	Вильнюс	VU	Совместные работы	Ринкевисиус А. + 33 чел.
Мексика	Мехико	Cinvestav	Совместные работы	Кастилла Вальдез Х. + 10 чел.
	Пуэбла	BUAP	Совместные работы	Салазар Ибаргуен У. А. + 8 чел.
Нидерланды	Эйндховен	TU/e	Совместные работы	Эртс А. + 2 чел.
Новая Зеландия	Крайстчерч	UC	Совместные работы	Батлер Ф. + 4 чел.
	Окленд	Ун-т	Совместные работы	Крофчек Д. + 2 чел.
Пакистан	Исламабад	QAU	Совместные работы	Хурани Х.Р. + 26 чел.
Республика Корея	Кванджу	CNU	Совместные работы	Мун Д.Х. + 5 чел.
	Сеул	KU	Совместные работы	Чои С. + 18 чел.
		SJU	Совместные работы	Ким Х. + 4 чел.
		SKKU	Совместные работы	Чои Я. + 9 чел.
		SNU	Совместные работы	Янг У. + 23 чел.
		Yonsei Univ.	Совместные работы	Йо Х.Д. + 2 чел.
	Тэджон	KIST	Совместные работы	Рю Г. + 4 чел.
Россия	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Воробьев А.А. + 19 чел.
	Жуковский	ЭМЗ им. В.М. Мясищева	Совместные работы	Новиков В.К. + 5 чел.
	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Гаврилов В.Б. + 22 чел.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Боос Э. + 37 чел.
		НИКИЭТ	Совместные работы	Орлов А.Н. Сметанников В.П. + 5 чел.
		ФИАН	Совместные работы	Дремин И.М. + 9 чел.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Гниненко С.Н. + 29 чел. Матвеев В.А.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Качанов В.А. Петров В.А. + 2 чел. Тюрин Н.Е. + 35 чел.
	Санкт-Петербург	ЦНИИ "Электрон"	Совместные работы	Васильев И.С. + 7 чел.
	Снежинск	РФЯЦ-ВНИИТФ	Совместные работы	Андриаш Е. + 15 чел.
	Томск	ТПУ	Совместные работы	Сухих Л.Г. + 3 чел.
Сербия	Белград	INS "VINCA"	Совместные работы	Аджич П. + 9 чел.
США	Айова-Сити	UIowa	Совместные работы	Онел Я. + 48 чел.
	Балтимор	JHU	Совместные работы	Шварц М. + 19 чел.
	Батавия	Fermilab	Совместные работы	Канепа А. + 197 чел.
	Бостон	BU	Совместные работы	Рольф Д. + 31 чел.
		NU	Совместные работы	Барбери Э. + 26 чел.
	Боулдер	CU	Совместные работы	Кумалат Д.П. + 20 чел.
	Буффало	UB	Совместные работы	Харчилава А. + 15 чел.
	Гейнсвилл	UF	Совместные работы	Мицельмахер Г.В. + 38 чел.
	Дейвис	UCDavis	Совместные работы	Конвей Д. + 33 чел.
	Детройт	WSU	Совместные работы	Карчин П.Э. + 2 чел.
	Итака	Cornell Univ.	Совместные работы	Рид А. + 46 чел.
	Кембридж, MA	MIT	Совместные работы	Паус К. + 40 чел.
	Колледж-Парк	UMD	Совместные работы	Скуджа А. + 34 чел.
	Колледж-Стэйшн	Texas A&M	Совместные работы	Сафонов А. + 27 чел.
	Колумбус	OSU	Совместные работы	Хилл К. + 10 чел.
	Лаббок	TTU	Совместные работы	Акчурин Н. + 17 чел.
	Ливермор	LLNL	Совместные работы	Райт Д. + 1 чел.
	Линкольн	UNL	Совместные работы	Блум К. + 24 чел.
	Лоренс	KU	Совместные работы	Бин А. + 39 чел.

	Лос-Анджелес	UCLA	Совместные работы	Казинс Р. + 20 чел.
	Манхеттен	KSU	Совместные работы	Маравин Ю. + 14 чел.
	Миннеаполис	U of M	Совместные работы	Русак Р. + 22 чел.
	Мэдисон	UW-Madison	Совместные работы	Дасу Ш. + 55 чел.
	Нашвилл	VU	Совместные работы	Джонс В. + 44 чел.
	Ноксвилл	UTK	Совместные работы	Спанер С. + 6 чел.
	Нотр-Дам	ND	Совместные работы	Жессоп К. + 36 чел.
	Нью-Брансуик	RU NB	Совместные работы	Герштейн Ю. + 82 чел.
	Нью-Йорк	RU	Совместные работы	Гулианос К. + 2 чел.
	Оксфорд, MS	UM	Совместные работы	Кремальди Л.М. + 6 чел.
	Пасадена	Caltech	Совместные работы	Ньюмен Х. + 29 чел.
	Питтсбург	CMU	Совместные работы	Паулини М. + 13 чел.
	Принстон	PU	Совместные работы	Олсен Д. + 44 чел.
	Провиденс	Brown	Совместные работы	Нарейн М. + 46 чел.
	Риверсайд	UCR	Совместные работы	Хансон Г. + 20 чел.
	Рочестер	UR	Совместные работы	Бодек А. + 8 чел.
	Сан-Диего	SDSU	Совместные работы	Брэнсон Д. + 34 чел.
	Санта-Барбара	UCSB	Совместные работы	Инкандела Д. + 36 чел.
	Таллахасси	FSU	Совместные работы	Проспер Х. + 26 чел.
	Таскалуса	UA	Совместные работы	Хедерсон К. + 11 чел.
	Уэйко	BU	Совместные работы	Хатакама К. + 14 чел.
	Уэст-Лафейетт	Purdue Univ.	Совместные работы	Парашар Н. + 4 чел.
	Хьюстон	Rice Univ.	Совместные работы	Падли Б.П. + 28 чел.
	Чикаго	UIC	Совместные работы	Геббер С.Е. + 26 чел.
	Шарлотсвилл	UVa	Совместные работы	Кокс Б. + 20 чел.
	Эванстон	NU	Совместные работы	Веласко М. + 14 чел.
Тайвань	Тайбэй	NTU	Совместные работы	Ху Г. + 38 чел.
	Таоюань	NCU	Совместные работы	Ку Ч.-М. + 28 чел.
Турция	Адана	CU	Совместные работы	Думаноглу Л. + 34 чел.
	Анкара	METU	Совместные работы	Зейрек М. + 25 чел.
	Стамбул	BU	Совместные работы	Гюльмец Е. + 17 чел.
		YTU	Совместные работы	Канкокак К. + 10 чел.
Финляндия	Лаппеэнранта	LUT	Совместные работы	Тува Т. + 4 чел.
	Хельсинки	HIP	Совместные работы	Вутилайнен М. + 41 чел.
		UH	Совместные работы	Вутилайнен М. + 4 чел.
Франция	Лион	UL	Совместные работы	Гаскон С. + 51 чел.
	Париж	IN2P3	Совместные работы	Боде Ф. + 55 чел.
	Сакле	IRFU	Совместные работы	Бесанкон М. + 30 чел.
	Страсбург	IPHC	Совместные работы	Блох Д. + 40 чел.
Хорватия	Загреб	RBI	Совместные работы	Брижлевич В. + 10 чел.
	Сплит	Ун-т	Совместные работы	Ковач М. + 1 чел.
				Пуляк И. + 12 чел.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Кампорези Т. + 302 чел.
Черногория	Подгорица	Ун-т	Совместные работы	Рачевич Н. + 4 чел.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Котлински Д. + 11 чел.
	Цюрих	ETH	Совместные работы	Валлни Р. + 70 чел.
		UZH	Совместные работы	Канелли М.Ф. + 27 чел.
Эстония	Таллин	NICPB	Совместные работы	Радал М. + 20 чел.

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 энер- гии 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	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

ЛЯП Абазов В.М., Алексеев Г.Д., 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., Самарцев А.Г., 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 з 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 наборе данных для программы измерения протонного радиуса.

Участие в НИОКР для детекторов Micromegas.

Обработка данных по выходу антипротонов в p-He соударениях.

Подготовка к модернизации считывающей электроники для работы в безтриггерном режиме.

Модернизация мюонной системы MW1.

Активности темы:

Наименование активности	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. PANDA	**Алексеев Г.Д.**	2024-2026
		Техпроект

ЛЯП Абазов В.М., Верхеев А.Ю., Вертоградов Л.С., Ветроградова Ю.Л., Вольных В.П., Журавлев Н.И., Кутузов С.А., Пискун А.А., Прохоров И.К., Рождественский А.М., Самарцев А.Г., Скачкова А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект PANDA планирует проведение фундаментальных исследований по различным темам, связанным со свойствами слабого и сильного взаимодействия, экзотическими состояниями материи и структурой адронов. Для сбора всей необходимой информации из антипротон-протонных столкновений будет построен универсальный детектор, способный обеспечить точную реконструкцию траектории, измерение энергии и импульса, а также очень эффективную идентификацию заряженных частиц.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание мюонной системы детектора PANDA.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Подготовка к созданию мюонной системы детектора PANDA.

2. ARIeL. Теоретическая поддержка коллайдерных экспериментов **Калиновская Л.В.** 2024-2026

Реализация

ЛЯП Бойко И.Р., Дыдышко Е.В., Ермольчик В.Л., Ермольчик Ю.В., Жемчугов А.С., Кампф А.А., Корниенко В.В., Нефедов Ю.А., Румянцев Л.А., Садыков Р.Р., Сапронов А.А.

ЛТФ Арбузов А.Б., Бондаренко С.Г., Бытьев В.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В настоящее время на рассмотрении находятся 4 проекта электрон-позитронных коллайдеров: FCC, CEPC, ILC и CLIC. На них будут проведены измерения по уточнению параметров Стандартной модели, а также будут проводиться различные поиски эффектов, выходящих за её рамки. Для этого необходимы высокоточные теоретические предсказания для всех процессов СМ, которые будут изучаться на будущих коллайдерах. В рамках данного проекта планируется сделать современные теоретические предсказания для большинства важных наблюдаемых величин. Требуемая точность будет достигнута за счет учета радиационных поправок высокого порядка и поляризационных эффектов.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Высокоточные теоретические предсказания для эффектов в Стандартной Модели и за её пределами.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Прецизионные теоретические расчёты радиационных поправок для экспериментов на будущих коллайдерах CLIC, ILC, FCC-ee и CEPC.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Макаренко В.В. Толкачева Д.Д.
			Совместные работы	Макаренко В.В. Толкачева Д.Д.
Великобритания	Глазго	U of G	Соглашение	Зейц Б. + 1 чел.
Германия	Бонн	UniBonn	Соглашение	Кетцер Б. + 10 чел.
	Дармштадт	GSI	Соглашение	Петерс К.
	Мюнхен	TUM	Соглашение	Пауль С. + 7 чел.
	Фрайберг	TUBAF	Соглашение	Фишер Х. + 3 чел.
Израиль	Тель-Авив	TAU	Совместные работы	Лихтенштадт Й.
Италия	Тренто	UniTn	Соглашение	Зуккон П. + 3 чел.
	Триест	INFN	Соглашение	Мартин А. + 4 чел.
	Турин	INFN	Соглашение	Панциери Д. + 3 чел.
Китай	Пекин	IHEP CAS	Соглашение	Ли Хай-Бо
Польша	Варшава	IEP WU	Соглашение	Баделек Б.
		WUT	Соглашение	Курята Р.
	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Соглашение	Сандач А. + 1 чел.
Португалия	Авейру	UA	Соглашение	Азеведо К. + 1 чел.
	Лиссабон	LIP	Соглашение	Квинтанс К. + 2 чел.
Россия	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Соглашение	Дзюба А. + 5 чел.
	Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Соглашение	Ачасов М.Н.
	Протвино	ИФВЭ	Соглашение	Донсков С. + 1 чел.
США	Лос-Аламос	LANL	Соглашение	Баудино И.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Маллот Г.
Чехия	Прага	CTU	Соглашение	Нови Й. +11 чел.
		CU	Соглашение	Матушек Я. + 5 чел.
Япония	Ямагата	Yamagata Univ.	Соглашение	Хирума Й.

02-1-1087-2009

Исследования по физике релятивистских тяжелых и легких ионов на ускорительных комплексах Нуклотрон-М/NICA ОИЯИ и SPS ЦЕРН

Руководители темы: Малахов А.И.
Афанасьев С.В.

Участвующие страны и международные организации:
Армения, Беларусь, Болгария, Индия, 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., Колесников Р.Ю., Киреев В.А., Матвеев В.А., Мелкумов Г.Л., Румянцев М.М.	
ЛЯП	Любушкин В.В., Лыкасов Г.И., Попов Б.А., Терещенко В.В.	
Ассоциированный персонал NA61 / SHINE	Ажиненко И.В., Карпушкин Н., Морозов С.	

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 Любушкин В.В., Лыкасов Г.И., 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	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		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 на этом направлении опирается 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 нейтронОсвоение идентификации по многократному рассеянию изотопов He и H ма 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., Мышинский Г.В., 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 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., Дубинчик Б.В., Дряблов Д.К., Кузнецов С.Н., Кузнецов А.С., 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 Акбаров Р.А., Абраамян Х.У., Бокова Т.Ю., Игамкулов З.А., Корнюшина Л.В., Мигулина И.И., Садыгов З.Я., Садыгов А.З., 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.**, **Глаголев В.В.** — 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., Четвериков С.А., Харьюзов П.Р.

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.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	ЕГУ	Совместные работы	Балабекян А. + 2 чел.
		ННЛА	Совместные работы	Гулканян Г.У. + 4 чел.
				Саркисян В.Р. + 1 чел.
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Барышевский В.Г. + 5 чел.
				Батраков К.Г. + 4 чел.
				Сытова С.Н. + 2 чел.
			Совместные работы	Барышевский В.Г. + 5 чел.
				Батраков К.Г. + 4 чел.
				Сытова С.Н. + 2 чел.
Болгария	Благоевград	AUBG	Совместные работы	Мицова Э.
				Станоева Р.
	София	INRNE BAS	Совместные работы	Иванов И.Ц.
				Костов Л.
				Пенев В.Н.
				Шкловская А.
		Inst. Microbiology BAS	Совместные работы	Данова С.
		SU	Совместные работы	Богомилов М.
			Соглашение	Колев Д.
Индия	Джайпур	Ун-т	Совместные работы	Кумар В. + 2 чел.

	Мумбаи	BARC	Совместные работы	Кумават Х. + 2 чел.
Китай	Пекин	CIAE	Совместные работы	Гуо С.Л.
		IHEP CAS	Соглашение	Чью Х.Х.
	Ухань	CCNU	Соглашение	Ли С.Л.
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Совместные работы	Баатар Ц. + 4 чел.
Россия	Белгород	БелГУ	Совместные работы	Кубанкин А.С. + 4 чел.
	Владикавказ	ВТС "Баспик"	Соглашение	Джерапов Г.К. Кулов С.К. Кулова Н.С. Рыжков А.А. Самканашвили Д.Г. Самодуров П.С. Федотова Г.В.
		СОГУ	Соглашение	Пухаева Н.Е. + 2 чел.
	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Батяев В.Ф. Титаренко Ю.Е. + 5 чел.
		МГУ	Совместные работы	Чепурнов А.С. + 2 чел.
		НИЦ КИ	Совместные работы	Ставинский А.В. + 7 чел.
		ФИАН	Совместные работы	Басков В.А. Львов А.И. Полухина Н.Г. + 5 чел. Полянский В.В. Сидорин С.С.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Берлев А.И. Губер Ф.Ф. + 2 чел. Дмитриева У.А. Курепин А.Б. Пшеничнов И.А. Решетин А.И. Финогеев Д.А. Шабанов А.И.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Алов В.А.+ 5 чел. Волков А.А. + 3 чел. Гапиенко В.А. + 5 чел.
	Санкт-Петербург	НИИФ СПбГУ	Совместные работы	Краснов Л.В. + 4 чел. Литвин В.Ф. Феофилов Г.А. + 2 чел.
	Смоленск	СмолГУ	Соглашение	Дюндин А.В. + 4 чел.
	Томск	ТПУ	Совместные работы	Главанаков И.В. Табаченко А.Н.
	Черноголовка	ИСМАН РАН	Совместные работы	Пономарев В.И. + 1 чел.
Румыния	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Апостол М. Каприни М. + 1 чел. Константиу М. Кручеру М.Г. + 4 чел. Николеску Г. Пентця М. + 1 чел. Понта Т. + 5 чел. Поп И. + 4 чел. Циолаку Л.
		UB	Совместные работы	Джипа А. + 6 чел.
	Мэгуреле	ISS	Совместные работы	Могилдеа Г. Могилдеа М. Фмру Е. + 2 чел.

Словакия	Братислава	IP SAS	Совместные работы	Гмуца Ш. + 3 чел. Дубничка С. Климан Я. + 4 чел. Матоушек В.
	Кошице	UPJS	Совместные работы	Вокал С. + 4 чел.
Узбекистан	Джизак	ДжГПУ	Совместные работы	Бекмирзаев Р.Н. Жомуродов Д.М.
			Соглашение	Саттаров С.А.
	Самарканд	СамГУ	Совместные работы	Ибадов Р.М. Султанов М.У.
	Ташкент	ФТИ НПО "Ф.-С." АН РУз	Совместные работы	Гуламов У.Г. + 13 чел. Навотный В.Ш.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Совместные работы	Де-Барбара П.

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, Польша, Республика Корея, Россия, Румыния, Словакия, США, Таиланд, Турция, Финляндия, Франция, Хорватия, ЦЕРН, Чехия, 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 проект	Руководитель проекта	Шифр проекта
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. ALICE	**Водопьянов А.С.**	02-1-1088-1-2010/2025
		Реализация

ЛФВЭ Астахов В.И., Арефьев В.А., Балдин Н.А., Диаз Р.А., Додохов В.Х., Класс Е.М., Лобанов В.И., Номоконов П.В., Руфанов И.А., Цебаллос С.Ц.

Ассоциированный персонал ALICE Борисов А., Вознюк Н.О., Каравичев О.В., Каравичева Т.Л., Кондратьева Н.В., Крышень Е.Л., Суханов М.А., Финогеев Д.А., Фурс А.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Участие в обработке и анализе экспериментальных данных, подготовке публикаций и докладов на конференциях. Участие в обслуживании и эксплуатации установки ALICE. Участие в подготовке предложений по модернизации детектора ALICE: магнитная система, система передних детекторов.

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

Участие в обслуживании и эксплуатации детектора ALICE.

Участие в подготовке предложений по системе передних детекторов, сверхпроводящему магниту.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Участие в обработке и анализе экспериментальных данных, подготовке публикаций и докладов на конференциях.

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.**	2024-2025
		Реализация

ЛФВЭ Барабанов М.Ю., Вертоградова Ю.Л., Григорян С.С., 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.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Обработка и анализ экспериментальных данных по фемтоскопии заряженных каонов и ультра периферических взаимодействий 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 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.**	2024-2025 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.	**Система передних детекторов**	**Водопьянов А.С.** **Номоконов П.В.**	2024-2025 Реализация

ЛФВЭ Бузин С., Буряков М., Горбунов Н.В., Кузнецов А.В., Руфанов И.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В связи с необходимостью кардинального улучшения регистрации сигналов с системы передних детекторов проводятся работы по разработке новой системы считывания сигналов с сцинтилляционных и кварцевых детектирующих элементов. Участие в модернизации элементов системы передних детекторов и участие в их эксплуатации.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Участие в модернизации элементов системы считывания сигналов с сцинтилляционных и кварцевых детектирующих элементов.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Тестирование прототипов на пучках в CERN.

4.	**Сверхпроводящий магнит**	**Водопьянов А.С.**	2024-2025 Проектирование

ЛФВЭ Балдин Н.А., Додохов В.Х., Ефремов А.А., Лобанов В.И., Лобанов Ю.Ю., Олекс И.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В рамках модернизации детектора ALICE планируется создание сверхпроводящего магнита.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Участие в проектировании и создании свехпроводящего магнита.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Проработка этапов изготовления сверхпроводящего провода.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Австрия	Вена	SMI	Совместные работы	Вебер М. + 5 чел.
Азербайджан	Баку	НЦЯИ	Совместные работы	Рустамов А. + 5 чел.
Армения	Ереван	ННЛА	Совместные работы	Григорян А. + 5 чел.
Бангладеш	Дакка	DU	Совместные работы	Момен А. + 3 чел.
Болгария	София	IAPS	Совместные работы	Кожухаров В. + 5 чел.
		SU	Совместные работы	Кожухаров В. + 3 чел.
Бразилия	Кампинас	UNICAMP	Совместные работы	Такахаши Дж. + 5 чел.
	Порту-Алегри	UFRGS	Совместные работы	Де Леоне Гэй + 10 чел.
	Сан-Паулу	USP	Совместные работы	Гомейро Мунхоз М. + 5 чел.
	Санту-Андре	UFABC	Совместные работы	Косентино М. + 5 чел.
Великобритания	Бирмингем	Ун-т	Совместные работы	Эванс Д. + 4 чел.
	Дарсбери	DL	Совместные работы	Леммон Р.К. + 3 чел.
	Дерби	Ун-т	Совместные работы	Барнби Л. + 3 чел.
	Ливерпуль	Ун-т	Совместные работы	Чартье М. + 3 чел.
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Совместные работы	Палла Г. + 6 чел.
Германия	Бонн	UniBonn	Совместные работы	Кетцер Б. + 5 чел.
	Вормс	ZTT	Совместные работы	Кейдель Р. + 5 чел.
	Гейдельберг	Ун-т	Совместные работы	Штахель Й. + 10 чел.
	Дармштадт	GSI	Совместные работы	Маччиони С. + 20 чел.
		TU Darmstadt	Совместные работы	Джубеллино П. + 5 чел.
	Мюнстер	WWU	Совместные работы	Андроник А. + 10 чел.
	Мюнхен	TUM	Совместные работы	Фабетти Л. + 5 чел.
	Тюбинген	Ун-т	Совместные работы	Шмидт Х.Р. + 5 чел.
	Франкфурт/М	FIAS	Совместные работы	Линденструс В. + 5 чел.
		Ун-т	Совместные работы	Аппельхаузер Х. + 5 чел. Кебшуль У. + 5 чел.
Греция	Афины	UoA	Совместные работы	Панайото А.Д. + 3 чел.
Дания	Копенгаген	NBI	Совместные работы	Гаардхой Дж. + 5 чел.
Индия	Алигарх	AMU	Совместные работы	Ахмад С. + 5 чел.
	Бхубанешвар	IOP	Совместные работы	Саху П.К. + 3 чел.
	Гувахати	GU	Совместные работы	Баттачарджи Б. + 5 чел.
	Джайпур	Ун-т	Совместные работы	Ранивала С. + 3 чел.
	Джамму	Ун-т	Совместные работы	Бхасин А. + 4 чел.
	Джатни	NISER	Совместные работы	Моханту Б. + 5 чел.
	Индор	IIT Indore	Совместные работы	Саху Р. + 3 чел.
	Калькутта	BNC	Совместные работы	Раха С. + 6 чел.
		SINP	Совместные работы	Чатопадиа С. + 8 чел.
		UC	Совместные работы	Чакрабарти А. + 5 чел.
		VECC	Совместные работы	Чатопадиа С. + 7 чел.
	Мумбаи	BARC	Совместные работы	Чандратр В. + 7 чел.
		IIT Bombay	Совместные работы	Нанди Б. + 6 чел.

	Чандигарх	PU	Совместные работы	Кумар Л. + 3 чел.
Индонезия	Джакарта	LIPI	Совместные работы	Садикин Р.+ 3 чел.
Италия	Алессандрия	DiSIT UPO	Совместные работы	Рамелло Л. + 6 чел.
	Бари	DIF	Совместные работы	Манзари В. + 8 чел.
		INFN	Совместные работы	Манзари В. + 7 чел.
		Poliba	Совместные работы	Бруно Дж. + 5 чел.
	Болонья	INFN	Совместные работы	Антониоли П. + 8 чел.
		UniBo	Совместные работы	Антониоли П. + 3 чел.
	Брешия	UNIBS	Совместные работы	Бономи Дж. + 5 чел.
	Верчелли	UPO	Совместные работы	Рамелло Л. + 5 чел.
	Кальяри	INFN	Совместные работы	Масони А. + 6 чел.
		UniCa	Совместные работы	Чикало Ч. + 1 чел.
	Катания	INFN	Совместные работы	Бадала А. + 3 чел.
		UniCT	Совместные работы	Бадала А. + 2 чел.
	Леньяро	INFN LNL	Совместные работы	Биасотто М. + 1 чел.
	Мессина	UniMe	Совместные работы	Трифиро А. + 1 чел.
	Павия	UniPv	Совместные работы	Ротонди А. + 4 чел.
	Падуя	INFN	Совместные работы	Росси А. + 2 чел.
		UniPd	Совместные работы	Росси А. + 1 чел.
	Рим	CREF	Совместные работы	Чифарелли Л. + 5 чел.
		INFN	Совместные работы	Маззони А. + 5 чел.
		Univ. "La Sapienza"	Совместные работы	Маззони А. + 1 чел.
	Салерно	INFN	Совместные работы	Паскуале де С. + 5 чел.
	Триест	INFN	Совместные работы	Пиано С. + 5 чел.
		UNITR	Совместные работы	Пиано С. + 3 чел.
	Турин	INFN	Совместные работы	Мазера М. + 5 чел.
		Polito	Совместные работы	Агнелло М. + 6 чел.
		UniTo	Совместные работы	Мазера М. + 2 чел.
	Фоджа	Unifg	Совместные работы	Мастросериа А. + 1 чел.
	Фраскати	INFN LNF	Совместные работы	Муччифора В. + 8 чел.
	Эриче	EMFCSC	Совместные работы	Зикики А. + 1 чел.
Китай	Пекин	CIAE	Совместные работы	Ли Хю. + 5 чел.
	Ухань	CCNU	Совместные работы	Жу Д. + 5 чел.
		HBUT	Совместные работы	Жанг Ф. + 5 чел.
	Хэфэй	USTC	Совместные работы	Танг З. + 5 чел.
	Шанхай	SINAP CAS	Совместные работы	Ма И. + 5 чел.
Куба	Гавана	CEADEN	Совместные работы	Лопез Торрес Е. + 5 чел.
Мальта	Мсида	UM	Совместные работы	Валентино Г. + 4 чел.
Мексика	Кульякан	UAS	Совместные работы	Леон Монзон И. + 5 чел.
	Мехико	Cinvestav	Совместные работы	Эррера Корал Г. + 5 чел.
		UNAM	Совместные работы	Менчака-Роча А. + 1 чел. Пайч Г. + 1 чел.
	Пуэбла	BUAP	Совместные работы	Фернандез Теллез А. + 3 чел.
Нидерланды	Амстердам	AUAS	Совместные работы	Тейтсма М. +1 чел.
		NIKHEF	Совместные работы	Куйер П. + 7 чел.
	Утрехт	UU	Совместные работы	Снеллингс Р. + 6 чел.
Норвегия	Берген	HVL	Совместные работы	Хелструп Х. + 5 чел.
		UiB	Совместные работы	Рёрих Д. + 7 чел.
	Осло	UiO	Совместные работы	Тветер Т. + 4 чел.
	Тенсберг	USN	Совместные работы	Лиен Дж.А. + 6 чел.
Пакистан	Исламабад	COMSATS	Совместные работы	Бхатти А. + 3 чел.
		PINSTECH	Совместные работы	Жанжуя С. + 1 чел.
Перу	Лима	PUCP	Совместные работы	Гаго Медина А. + 4 чел.

Республика Корея	Инчхон	Inha	Совместные работы	Квеон М.Ж. + 1 чел.
	Каннын	GWNU	Совместные работы	Ким Д.В. + 1 чел.
	Пусан	PNU	Совместные работы	Йо И.-К. + 7 чел.
	Сеул	Konkuk Univ.	Совместные работы	О С.К. + 1 чел.
		SJU	Совместные работы	Ким С.И. + 5 чел.
		Yonsei Univ.	Совместные работы	Ёнгил К. + 3 чел.
	Тэджон	KIST	Совместные работы	Ан С.У. + 1 чел.
	Чонджу	JBNU	Совместные работы	Ким Е.Дж. + 1 чел.
	Чхонджу	CBNU	Совместные работы	Нох С. + 1 чел.
Россия	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Самсонов В. + 10 чел.
	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Акиндинов А. + 10 чел.
		НИИЯФ МГУ	Соглашение	Малинина Л.В.
		НИЦ КИ	Совместные работы	Манько В.И. + 20 чел.
		НИЯУ "МИФИ"	Совместные работы	Григорьев А. + 2 чел.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Соглашение	Курепин А.Б. + 10 чел.
	Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Совместные работы	Пестов Ю.Н. + 2 чел.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Садовский С. + 10 чел.
	Санкт-Петербург	НИИФ СПбГУ	Совместные работы	Феофилов Г.А. + 12 чел.
	Саров	РФЯЦ-ВНИИЭФ	Совместные работы	Илькаев Р. + 10 чел.
Румыния	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Петровичи М. + 10 чел.
		UPB	Совместные работы	Карабас М. + 1 чел.
	Мэгуреле	ISS	Совместные работы	Добрин А. + 2 чел.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Ситар Б. + 2 чел.
	Кошице	IEP SAS	Совместные работы	Кралик И. + 2 чел.
		TUKE	Совместные работы	Жадловски Ж. + 2 чел.
		UPJS	Совместные работы	Бомбара М. + 3 чел.
США	Беркли	Berkeley Lab	Совместные работы	Джакобс П. + 4 чел.
		UC	Совместные работы	Яцак Б. + 5 чел.
	Детройт	WSU	Совместные работы	Волошин С. + 4 чел.
	Колумбус	OSU	Совместные работы	Юманик Т. + 6 чел.
	Лос-Аламос	LANL	Совместные работы	Лиу М.К. + 3 чел.
	Ноксвилл	UTK	Совместные работы	Наттрасс Ч. + 4 чел.
	Нью-Хейвен	Yale Univ.	Совместные работы	Харрис Дж. + 5 чел.
	Ок-Ридж	ORNL	Совместные работы	Лоизидис К. + 4 чел.
	Омаха	Creighton Univ.	Совместные работы	Зегер Дж. + 4 чел.
	Остин	UT	Совместные работы	Маркерт К. + 5 чел.
	Сан-Луис-Обиспо	Cal Poly	Совместные работы	Клэй Дж. + 5 чел.
	Уэст-Лафейетт	Purdue Univ.	Совместные работы	Шривастава Б.К. + 3 чел.
	Хьюстон	UH	Совместные работы	Пински Л. + 5 чел.
	Чикаго	CSU	Совместные работы	Гарсиа-Солис Е. + 5 чел.
Таиланд	Бангкок	KMUTT	Совместные работы	Пхунгчонгхарн П. + 5 чел.
	Накхонратчасима	SLRI	Совместные работы	Клисубун П. + 4 чел.
		SUT	Совместные работы	Кобдаж Ц. + 2 чел.
	Чаченгсау	TMEC	Совместные работы	Жемсаксири В. + 5 чел.
Турция	Конья	Karatay Univ.	Совместные работы	Карасу Юсал А. + 2 чел.
	Стамбул	YTU	Соглашение	Субаши М. + 2 чел.
		Ун-т	Совместные работы	Картал С. + 5 чел.
Финляндия	Йювяскюля	UJ	Совместные работы	Расанен С. + 3 чел.
	Хельсинки	HIP	Совместные работы	Расанен С. + 5 чел.
Франция	Виллербан	CC IN2P3	Совместные работы	Верне Р. + 5 чел.
	Гренобль	LPSC	Совместные работы	Гернан Р. + 5 чел.
	Клермон-Ферран	LPC	Совместные работы	Кроше Ф. + 10 чел.
	Лион	UL	Совместные работы	Шени Б. + 7 чел.
	Нант	SUBATECH	Совместные работы	Жерме М. + 10 чел.

	Орсе	IJCLab	Совместные работы	Суир Ч. + 10 чел.
	Сакле	IRFU	Совместные работы	Балдиссери А. + 12 чел.
	Страсбург	IPHC	Совместные работы	Кюн Ч. + 1 чел.
Хорватия	Загреб	RBI	Совместные работы	Античич Т. + 3 чел.
		UZ	Совместные работы	Планинич М. + 3 чел.
	Сплит	Ун-т	Совместные работы	Готовак М. + 3 чел.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Ван де Вивр П. + 70 чел.
Швеция	Лунд	LU	Совместные работы	Кристиансен П. + 5 чел.
Шри-Ланка	Моратува	Ун-т	Совместные работы	Перера Г. + 3 чел.
ЮАР	Йоханнесбург	WITS	Совместные работы	Диетел Т. + 2 чел.
	Кейптаун	UCT	Совместные работы	Диетел Т. + 3 чел.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Диетел Т. + 5 чел.
Япония	Вако	RIKEN	Совместные работы	Еньо Х. + 5 чел.
	Нагасаки	NiAS	Совместные работы	Ояма К. + 2 чел.
	Нара	NWU	Совместные работы	Шимомура М. + 2 чел.
	Осака	RCNP	Совместные работы	Ноуми Х. + 2 чел.
	Сага	Saga Univ.	Совместные работы	Фусаясу Т. + 5 чел.
	Токай	JAEA	Совместные работы	Сако Х. + 2 чел.
	Токио	UT	Совместные работы	Гунжий Т. + 5 чел.
	Хиросима	Hiroshima Univ.	Совместные работы	Шигаки К. + 2 чел.
	Цукуба	Ун-т	Совместные работы	Чуйжо Т. + 6 чел.

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:
Беларусь, Бельгия, Болгария, Великобритания, Германия, Испания, Италия, Казахстан, Канада, Мексика, Россия, Румыния, Словакия, США, Франция, ЦЕРН, Чехия, 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 экспериментах NA62 и NA48/2 информации, публикация двух статей в рецензируемых журналах с определяющим участием сотрудников ОИЯИ в анализе данных.

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., Еник Т.Л., Жуков И.А., Иванов А.В., Камбар Ы., Кекелидзе Г.Д., Крамаренко В.А., Саламатин К.М.

ЛЯП Фролов В.Н.

ЛТФ Жевлаков А.С., Красников Н.В.

Ассоциированный персонал NA64 Гниненко С.М., Дерменев А.В., Кирпичников Д.В., Поляков В., Щукин Д.

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 и на мюонном канале ускорителя SPS ЦЕРН.

Участие в создании и развитии математического обеспечения для on-line, off-line анализа данных и DAQ эксперимента.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Солин А.В. + 1 чел.
			Совместные работы	Солин А.В. + 1 чел.
Бельгия	Лувен-ля-Нёв	UCL	Совместные работы	Кортина Гил Э. + 8 чел.

Болгария	Благоевград	SWU	Совместные работы	Станоева Р.
	Пловдив	PU	Совместные работы	Чолаков В. + 2 чел.
	София	SU	Совместные работы	Литов Л. + 3 чел.
Великобритания	Бирмингем	Ун-т	Совместные работы	Лазерони К. + 21 чел.
	Бристоль	Ун-т	Совместные работы	Хес Х. + 4 чел.
	Глазго	U of G	Совместные работы	Бриттон Д. + 4 чел.
	Ланкастер	LU	Совместные работы	Руджейро Г. + 3 чел.
Германия	Бонн	UniBonn	Совместные работы	Кетцер Б. + 2 чел.
	Майнц	JGU	Совместные работы	Бушер Ф. + 13 чел.
Испания	Валенсия	IFIC	Совместные работы	Молина Буэно Л. + 5 чел.
Италия	Генуя	INFN	Совместные работы	Челентано А. + 10 чел.
	Неаполь	INFN	Совместные работы	Амброзино Ф. + 8 чел.
	Перуджа	INFN	Совместные работы	Пичини М. + 15 чел.
	Пиза	INFN	Совместные работы	Костантини Ф. + 24 чел.
	Рим	INFN	Совместные работы	Валенте П. + 8 чел.
		Univ. “Tor Vergata”	Совместные работы	Саламон А. + 11 чел.
	Турин	INFN	Совместные работы	Биино К. + 20 чел.
	Феррара	INFN	Совместные работы	Петруччи Ф. + 15 чел.
	Флоренция	INFN	Совместные работы	Ленти М. + 10 чел.
	Фраскати	INFN LNF	Совместные работы	Антонелли А. + 18 чел.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Камбар И. + 3 чел.
Канада	Ванкувер	TRIUMF	Совместные работы	Нумао Т. + 1 чел.
		UBC	Совместные работы	Брайман Д.А. + 2 чел.
	Торонто	YU	Совместные работы	Радикс Б. + 3 чел.
Мексика	Сан-Луис-Потоси	UASLP	Совместные работы	Энгельфрид Ю. + 3 чел.
Россия	Москва	НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Крамаренко В. + 1 чел.
		ФИАН	Совместные работы	Тихомиров В.О. + 1 чел.
	Москва, Троицк	ИФВД РАН	Совместные работы	Тихомиров В.Д. + 1 чел.
		ИЯИ РАН	Совместные работы	Куденко Ю. + 10 чел.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Образцов А. + 19 чел.
	Томск	ТПУ	Совместные работы	Любовитский В.Е. + 4 чел.
Румыния	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Брагадиреану А. + 3 чел.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Блажек Т. + 8 чел.
				Черный В.
США	Аптон	BNL	Совместные работы	Ворцестер Э.
	Бостон	BU	Совместные работы	Сулак Л. + 2 чел.
	Менло-Парк	SLAC	Совместные работы	Ковард Д.
	Мерсед	UCMerced	Совместные работы	Винстон Р.
	Фейрфакс	GMU	Совместные работы	Рубин Ф. + 1 чел.
Франция	Марсель	CPPM	Совместные работы	Пирин-Тирин М. + 1 чел.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Чекуччи А. + 37 чел.
Чили	Вальпараисо	UTFSM	Совместные работы	Кулешов С.В. + 5 чел.
Швейцария	Лозанна	EPFL	Совместные работы	Марчевский Р.И. + 3 чел.
	Цюрих	ETH	Совместные работы	Кривелли П. + 4 чел.

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, Россия, Узбекистан, Франция, Швейцария, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Развитие экспериментальной физики элементарных частиц происходит в двух основных направлениях – увеличение энергии пучков частиц и их интенсивности. Это требует применения новых материалов, разработки перспективных детекторов и методик регистрации частиц, развития новых методов анализа данных. Тема объединяет усилия, направленные на развитие новых детекторов и новых подходов для регистрации и идентификации частиц в будущих экспериментах, а также активности, нацеленные на исследования лептонных и адронных процессов.

Проект по теме:

	Наименование проекта Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководитель проекта	Шифр проекта Статус
1.	**Развитие методики регистрации частиц в будущих экспериментах с участием ОИЯИ**	**Давыдов Ю.И.** *Заместитель:* **Кульчицкий Ю. А.**	02-2-1151-1-2025/2025 R&D Реализация

ЛЯП Артиков А.М., Атанов Н.В., Атанова О.С., Афанасьев К.Г., Баранов В.Ю., Бойков А.В., Васильев И.И., Грицай К.И., Гусейнов Н.А., Зимин И.Ю., Кисеева В.И., Крылов В.А., Кравчук Н.П., Кузьмин Е.С., Кучинский Н.А., Малышев В.Л., Москаленко В.Д., Плотникова Е.М., Рогозин В.А., Симоненко А.В., Суслов И.А., Терешко П.В., Тропина А.Д., Хомутов Н.В., Чохели Д., Шалюгин А.Н.

ЛФВЭ Еник Т.Л., Колесников А.О., Мовчан С.А.

ЛНФ Булавин М.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Развитие экспериментальной физики элементарных частиц требует применения новых материалов, разработки перспективных детекторов и методик регистрации частиц, развития новых методов анализа данных.
Целью проекта является развитие систем детекторов для ускорительных экспериментов и новых подходов в регистрации и идентификации частиц. Проект предусматривает развитие методики создания и исследования перспективных детекторов. Будут проведены работы по разработке новых газовых детекторов и исследованию их параметров, по созданию и исследованию прототипов калориметров как с использованием органических сцинтилляторов, так и с кристаллами.

Цели, поставленные в проекте, направлены на решение задач, возникающих как в будущих коллайдерных экспериментах на Супер с-тау фабрике (Super c-tau factory, SCT) в России, на Супер тау-чарм установке (Super τ-Charm facility, STCF) и на кольцевом электрон-позитронном коллайдере (The Circular Electron Positron Collider, CEPC) в Китае, так и на ускорителях с фиксированными мишенями при промежуточных и высоких энергиях, а также в поисковых экспериментах Mu2e-II, Comet. Особые требования предъявляются к детекторам, планирующимся к использованию в условиях высоких загрузок (intensity frontier) и/или в условиях высоких энергий (energy frontier). И в том, и в другом случае требуются радиационно-стойкие детекторы с высоким быстродействием, способные эффективно работать в сложных радиационных условиях.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Проект позволит разработать методики создания и исследования новых детекторов, новые подходы в регистрации и идентификации частиц и использовать современные методы анализа физической информации.

Будут разработаны и исследованы микроструктурные газовые детекторы типа Micromegas и колодезного типа (RWELL) с резистивным анодом из DLC-покрытия (аламазоподобный углерод); промоделированы, созданы и протестированы прототипы секционированного электромагнитного калориметра с использованием кристаллов LYSO

и других типов; получены новые данные по радиационной стойкости кристаллов, используемых в электромагнитных калориметрах; разработаны схемы, промоделированы и изготовлены малошумящие радиационно-стойкие предусилители на дискретных GaN (GaAs) элементах для SiPM и исследованы на радиационную стойкость; разработаны новые гетерогенные детекторы для регистрации тепловых нейтронов с подавленной на 2-3 порядка чувствительностью к гамма квантам.

Будет разработан дизайн конструкций, созданы прототипы модулей электромагнитных и адронных калориметров, проведены их исследования на космике и в пучках ускорителей, а также сравнены результаты тестовых испытаний с предсказаниями Монте Карло моделей для прототипов и полномасштабных модулей калориметров.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Создание прототипов микроструктурных детекторов типа Micromegas и «колодезного» электронного умножителя (RWELL) с резистивным анодом из DLC-покрытия и проведение исследований на устойчивость к множественным электрическим разрядам. Разработка и создание прототипа координатного детектора по технологии bulk micromegas с DLC-покрытием с малым количеством вещества для системы мониторинга ионного пучка.

Создание двухкоординатных строу детекторов с резистивным высоковольтным внутренним катодом и исследование их параметров.

Исследование свойств образцов кристаллов BaF_2 и LYSO перед облучением и после облучения источником гамма излучения. Исследования оптических свойств образцов кристаллов до и после облучения на пучке электронов Линак- 800. Облучение GaN транзисторов источником гамма излучения, исследование свойств транзисторов до и после облучения.

Разработка предусилителя для съема сигналов с SiPM и исследование с ним свойств индивидуальных кристаллов LYSO (1x1x4 $см^3$) на пучке электронов Линак-800. Разработка радиационно-стойких электронных узлов для подключения SiPM для получения временного разрешения лучше 100 ps и их тестирование на пучке электронов.

Создание новых сцинтилляционных гетерогенных материалов на основе кристаллов сульфида цинка, фтористого лития и оксида бора для регистрации тепловых нейтронов, моделирование и исследование их свойств на пучках нейтронов.

Разработка программно-математического обеспечения для Монте-Карло моделирования и анализа экспериментальных данных для прототипов и полномасштабных модулей электромагнитных калориметров для планируемых экспериментов на будущих ускорителях. Проведение моделирования прототипов калориметров для оптимизации геометрии, для определения влияния оптических свойств сцинтилляторов и спектросмещающих волокон, мертвой материи на разрешение калориметров.

Активности темы:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. T2K-II	**Давыдов Ю.И.**	2025-2025
		R&D Реализация

ЛЯП Артиков А.М., Баранов В.Ю., Бойков А.В., Васильев И.И., Глаголев В.В., Кисеева В.И., Красноперов А.В., Малышев В.Л., Попов Б.А., Суслов И.А., Терещенко В.В., Терещенко С.В., Хомутов Н.В.

ЛФВЭ Колесников А.О.

ЛТФ Козлов Г.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Исследование нарушения CP-симметрии в лептонном секторе со значимостью 3σ или выше для случая большого CP-нарушения при более точном измерении параметров нейтринных осцилляций.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Использование модернизированного ближнего детектора эксперимента T2K для детального изучения свойств нейтринных взаимодействий и более точного измерения параметров нейтринных осцилляций. Экспериментальная программа T2K-II позволит в итоге набрать статистику до $10x10^{21}$ протонов на мишень, с целью измерения параметров смешивания нейтрино, Θ_{23} and Δm^2_{32}, с точностью 1.7º или лучше и 1%, соответственно.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Участие в сеансах набора данных на ускорителе J-PARC с использованием модернизированного ближнего детектора эксперимента T2K.

Анализ экспериментальных данных для более точного измерения параметров нейтринных осцилляций.

Поиск легкой темной материи на данных с ближнего детектора.

2. Эксперимент Mu2e **Давыдов Ю.И.** 2025-2025

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., Кисеева В.И., Колесников А.О., 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 обсуждении программы исследований на пучке мюонов.

Участие в подготовке программного обеспечения для анализа данных.

3. Эксперимент MEG-II **Хомутов Н.В.** 2025-2025

Набор данных Обработка данных

ЛЯП Афанасьев К.Г., Кравчук Н.П., Крылов В.А., Кучинский Н.А., Малышев В.Л., Рождественский А.М.

ЛФВЭ Колесников А.О.

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 $\mu^+ \rightarrow e^+\gamma$ не будет обнаружен, будет улучшено существующее ограничение на вероятность распада $B(\mu^+ \rightarrow e^+\gamma) < 4{,}2 \times 10^{-13}$ (90% C. L.) до уровня ~ $6{,}0 \times 10^{-14}$.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Продолжение набора данных.

Ввод в эксплуатацию новой дрейфовой камеры.

Завершение обработки экспериментальных данных, набранных в 2022-2023 гг. и публикация промежуточных результатов.

4. «Нейтринная платформа ЦЕРН» **Попов Б.А.** 2025-2025

Набор данных
Обработка данных

ЛЯП Атанов Н.В., Красноперов А.В., Малышев В.Л., Терещенко В.В., Терещенко С.В.

ЛФВЭ Колесников А.О.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Для предсказания спектров и потоков нейтрино и антинейтрино в ускорительных экспериментах нового поколения (Hyper-Kamiokande, DUNE и др.) с точностью лучше 5% необходимо провести исследования с использованием адронных пучков ЦЕРН по измерению выходов адронов в протон-ядерных и пион-ядерных взаимодействиях.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Участие в создании и тестировании прототипов детекторов для нейтринных экспериментов нового поколения.

Исследования по измерению выходов адронов в протон-ядерных и пион-ядерных взаимодействиях для предсказания спектров и потоков нейтрино и антинейтрино в ускорительных экспериментах.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Участие в наборе и анализе экспериментальных данных на пучках ЦЕРН.

Разработка программного обеспечения для обработки и анализа данных.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	ИРП НАНА	Совместные работы	Мирзаев М.Н. + 2 чел.
		ИФ НАНА	Совместные работы	Нагиев Ш. + 3 чел.
Беларусь	Минск	ИФ НАНБ	Совместные работы	Курочкин Ю.А. + 3 чел.
		ИЭ НАНБ	Совместные работы	Баев В.Г. + 3 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Совместные работы	Мисевич О.В. + 3 чел.
Италия	Пиза	INFN	Совместные работы	Балдини А. + 3 чел.
	Фраскати	INFN LNF	Совместные работы	Мишетти С. + 5 чел.
Россия	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Куденко Ю.Г. + 5 чел.
Узбекистан	Самарканд	СамГУ	Совместные работы	Сафаров А.Н. + 3 чел.
Франция	Париж	LPTHE	Совместные работы	Гиганти К. + 3 чел.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Ритт Ш.
Япония	Токай	JAEA	Совместные работы	Мацубара Ц. + 5 чел.
	Токио	UT	Совместные работы	Мори Т.

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, Чехия.

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 предельной множественности;

– исследования выхода и спектров мягких фотонов в дейтрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях, исследование короткодействующих двухнуклонных корреляций (КДК).

Проект по теме:

	Наименование проекта Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководители	Шифр проекта 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.**	

ЛФВЭ Аверьянов А.В., Аксиненко В.Д., Аникина М.Х., Атовуллаев Т., Атовуллаева А., Базылев С.Н., Баскаков А.Е., Воронин А.Л., Герценбергер С.В., Дементьев Д.В., Короткова А.М., Мурин Ю.А., Охрименко О.В., Пляшкевич С.Н., Парфенова Н.Г., Пацюк М.А., Рукояткин П.А., Саламатин А.В., Слепнев И.В., Слепнев В.М., Тарасов Н.А., Терлецкий А.В., Фещенко А.А., Федюнин А.А., Филиппов И.А., Хворостухин А.С., Шипунов А.В., Шитенков М.О., Шереметьев А.Д.

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 ${}_{\Lambda}{}^{6}$H и противоречивых теоретических предсказаниях, которые сильно зависят от используемой теоретической модели. В этом же эксперименте будут изучаться времена жизни и сечения рождения гиперядер ${}_{\Lambda}{}^{4}$H и ${}_{\Lambda}{}^{3}$H, которые могут быть использованы как «контрольные точки» для подтверждения образования и распада ${}_{\Lambda}{}^{6}$H.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Разрешение вопроса о существовании гиперядра ${}_{\Lambda}{}^{6}$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:
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 эту 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.

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., Кривенков Д.О., 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 возможно. 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.

Проработка вариантов размещения детекторов эксперимента SRC и дополнительного магнита в зоне эксперимента ГиперНИС на канале 4B.

Активности темы:

Наименование активности	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. NEMAN	**Кокоулина Е.С.**	2025-2025
	Никитин В.А.	Подготовка проекта Набор данных

ЛФВЭ Гаврищук О.П., Дунин В.Б., Синельщикова С.Е., Попов В.В., 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 поляризованными 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).

Изготовление прототипа спектрометра-калориметра совместно с коллегами из Беларуси.

Выполнение детального моделирования взаимодействия пучка дейтронов на дейтериевой мишени при прогнозируемой энергии пучков.

Изготовление сцинтилляционных счетчиков на основе вакуумных ФЭУ, и, далее, как развитие разрабатываемой концепции, на основе твердотельных ФЭУ (SiPM). Управление считыванием и представление полученной информации будет выполняться непосредственно на рабочем месте пульта управления источником. Тестирование прототипа на пучке ПИЯФ.

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.

По данным проекта «Термализация» получить распределения по множественности нейтральных пионов как функции полной множественности и подтвердить приближение их к распределению Пуассона, предсказанного в работах Р. Ледницкого 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:

Страна или международная организация	**Город**	**Институт**	**Статус**	**Участники**
Беларусь	Гомель	ГГТУ	Обмен визитами	Авакян С.Л. + 3 чел.
				Крышнев Ю.В. + 2 чел.
			Совместные работы	Авакян С.Л. + 3 чел.
				Крышнев Ю.В. + 2 чел.
		ГГУ	Совместные работы	Тюменков Г.Ю. + 2 чел.
	Минск	БГУИР	Совместные работы	Сацук С.М. + 3 чел.
		ИПФ НАНБ	Обмен визитами	Шуляковский Р.Г. + 4 чел.
			Совместные работы	Шуляковский Р.Г. + 4 чел.
		ИФ НАНБ	Совместные работы	Левчук М.И.
Египет	Александрия	Ун-т	Совместные работы	Шоша Я.
Израиль	Тель-Авив	TAU	Совместные работы	Пясецки Эли
				Хен О.
Индия	Калькутта	UC	Совместные работы	Саркар К.
Куба	Гавана	InSTEC	Совместные работы	Кабалеро Дуран Й.
Россия	Москва	"Азимут-Фотоникс"	Совместные работы	Тимошин С.В.
		"ФОМОС-МАТЕРИАЛС"	Совместные работы	Васильев В.Б.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Богданова Г.А.
				Волков В.
				Королев М.Г.
				Меркин М.М.
				Харламов П.И.

	Москва, Зеленоград	НИИМВ	Совместные работы	Жаворонков Н.В.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Воробьев А.П. Головкин В.П. Головня С.Н. Горохов С.А. Киряков А.В. Роньжин В.М. Рядовиков В.Н.
	Санкт-Петербург	СПбГПУ	Совместные работы	Горелкина Т.Д.
	Черноголовка	ИФТТ РАН	Совместные работы	Классен Н.В.
Словакия	Банска Бистрица	UMB	Совместные работы	Коломийцев Е.Э.
США	Кембридж, МА	MIT	Совместные работы	Калбов Дж.

02-1-1097-2010

Изучение поляризационных явлений и спиновых эффектов на ускорительном комплексе Нуклотрон-М/NICA ОИЯИ

Руководители темы: Строковский Е.А.
Ладыгин В.П.

Заместители: Пискунов Н.М.
Шиндин Р.А.

Участвующие страны и международные организации:
Болгария, Великобритания, Россия, Румыния, Словакия, США, Узбекистан, 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 измерению спиновых эффектов в нуклон-ядерном рассеянии с использованием подвижной поляризованной мишени и модернизации спектрометра Дельта-Сигма. Новым проектом является подготовка систематического изучения 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	**Руководитель 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	**Руководитель 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., Гаврищук О.П., Дружинин А.А., Кириллов Д.А., Легостаева К.С., Ливанов А.Н., Рукояткин П.А., Ситник И.М.

Краткая аннотация и научное обоснование:
В настоящее время необходимы измерения анализирующих способностей протонов и нейтронов в рассеянии на CH2, 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:
Завершение модернизации установки (новые дрейфовые камеры и новый широкоапертурный адронный калориметр), начало проведения измерений на пучках поляризованных нуклонов.

2. DSS **Ладыгин В.П.**

Набор и анализ данных
Развитие установки

ЛФВЭ Волков И.С., Гурчин Ю.В., Исупов А.Ю., Ливанов А.Н., Ладыгина Н.Б., Легостаева К.С., 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.

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 Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководители	Сроки реализации 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 НИКА	**Бутенко А.В.**	2025-2027 Реализация

ЛФВЭ Аверьянов А.В., Галоян А.С., Кривенков Д.О., Кузякин Р.А., Куликов М.В., Ладыгин В.П., Легостаева К.С., Ливанов А.Н., Пискунов Н.М., Резников С.Г., Строковский Е.А., Шиндин Р.А., Филатов Ю.Н., Фимушкин В.В.

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/НИКА и других установках.

Подготовка 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

Завершение модернизации поляриметра в фокусе ФЗ.

2. Подготовка проекта по измерению спиновых эффектов в нуклон-ядерном рассеянии с использованием модернизированной подвижной поляризованной мишени и усовершенствованным спектрометром Дельта-Сигма

Шиндин Р.А.
Усов Ю.А. (ЛЯП)

2025-2025

Подготовка проекта

ЛФВЭ Ливанов А.Н.

ЛЯП Бажанов Н.А., Борисов Н.С.

ЛНФ Черников А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Подготовка проекта по измерению спиновых эффектов с использованием протонной поляризованной мишени и спектрометра Дельта-Сигма. Для этой цели требуется модернизация поляризованной мишени с целью создания поперечной поляризации, а также выполнения конструкторских работ по созданию детектора окружения мишени.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Проведение работ по созданию катушек поперечной поляризации поляризованной протонной мишени.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Подготовка предложения эксперимента по измерению поляризационных наблюдаемых в нейтрон-протонном упругом рассеянии.

3. Подготовка проекта по изучению спиновых свойств странных барионов и мезонов в холодной плотной ядерной среде

Ладыгин В.П.

2025-2027

Подготовка проекта

ЛФВЭ Апарин А.А., Лыонг Б.В., Недорезов Е.В., Панюшкина С.С., Климанский Д.И., Шандов М.М.

ЛИТ Войтишин Н.Н., Дереновская О.В.

ЛТФ Теряев О.В., Жевлаков А.С., Прохоров Г.Ю., Исадыков А.Н.

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.

Проработка концепции детектора для реализации предложенной экспериментальной программы. Подготовка письма о намерениях.

4. Эксперименты по программе СТРЕЛА на поляризованном пучке дейтронов — **Пискунов Н.М.** — 2025-2027

Набор данных

ЛФВЭ Базылев С.Н., Дружинин А.А., 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 экспериментальной зоны в фокусе Ф5 канала ВП-1 корпуса 205.

5. Расчеты поляризационных характеристик процессов — **Лукьянов В.К.** (ЛТФ) — 2025-2027

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/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:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Болгария	София	UCTM	Совместные работы	Недев С.
Великобритания	Глазго	U of G	Совместные работы	Аннанд Дж.
Россия	Белгород	БелГУ	Совместные работы	Внуков И.Е. + 3 чел.
	Москва	НИЦ КИ	Совместные работы	Антоненко В.Г.
		ФИАН	Совместные работы	Львов А.И. + 4 чел. Таран Г.Г.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Гуревич Г.М.
		ЛФМП ФИАН	Совместные работы	Хайретдинов К.У. + 2 чел.
Румыния	Бухарест	INCDIE ICPE-CA	Совместные работы	Добрин И. + 4 чел. Карачук Ю.-Т.
Словакия	Братислава	IP SAS	Совместные работы	Климан Я. + 3 чел.
	Жилина	UNIZA	Совместные работы	Янек М. + 2 чел.
	Кошице	IEP SAS	Совместные работы	Пастирчак Б.
		UPJS	Совместные работы	Мартинска Г. Мушински Я. Урбан Й. + 1 чел.
США	Аптон	BNL	Совместные работы	О`Бриен Э.
	Вильямсбург	W&M	Соглашение	Пердрисат Ч.Ф.
	Норфолк	NSU	Совместные работы	Пунджаби В.
	Ньюпорт-Ньюс	JLab	Совместные работы	Джонс М.
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Олимов К. + 3 чел.
		ФТИ НПО "Ф.-С." АН РУз	Совместные работы	Гулямов К.Г.
Франция	Орсе	IPN Orsay	Совместные работы	Маршан Д.
	Сакле	IRFU	Соглашение	Дюран Ж. Томази-Густафссон Е.
Швеция	Уппсала	TSL	Совместные работы	Хойстад Б. Экстрем Ю. + 3 чел.
Япония	Вако	RIKEN	Совместные работы	Уесака Т.
	Хиросима	Hiroshima Univ.	Совместные работы	Мацуда М. Нагата Ю.

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) 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 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 Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководители проекта	Шифр проекта Статус
1. FLAP **Фундаментальная и прикладная физика с использованием пучков релятивистских ускоренных электронов**	**Балдин А.А.** *Заместитель:* **Блеко Вит.В.**	02-1-1150-1-2025/2029 Разработка и тестирование систем диагностики Набор и анализ данных

ЛФВЭ Александров В.А., 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., Старикова С.Ю., Сумбаев А.П., Троян Ю.А., Харьюзов П.Р., Четвериков С.А., Скрыпник А.В., 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.

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 веществ;

– 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.

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.

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., Афанасьев С.В., Астахов В.И., Базылев С.Н., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Богословский Д.Н., 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.** **Швецов В.Н.**	2025-2027 Изготовление Набор данных

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., Сумбаев А.П., Троян А.Ю., Троян Ю.А., Четвериков С.А., Харьюзов П.Р.

ЛНФ Реброва Н.В.

ЛИТ Семашко С.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:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	ЕГУ	Соглашение	Аветисян А. Алоян Л. Аракелян В. Арутюнян Р.М. Балабекян А. Бархударян Р. Гагинян С. Ховханисян В. Ховханисян Г.
		ИППФ НАН РА	Соглашение	Багдасарян Д. Григорян Л. Котанян В. Кочарян В.Р. Мкртчян А.Г. Мовсисян А. Сахарян А. Харутунян Х. Хачатрян Х. Шахвердян А.
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Соглашение	Анищенко С. Барышевский В.Г. Батраков К.Г. Бахданова А. Волынец Н. Гриневич А.В. Гурикович А. Демиденко М. Кулагова Т.А. Лобко А. Максименко С.А. Молчанов П. Паддубская А. Ровба А. Тихомиров В.В.

Великобритания	Лондон	JAI@RHUL	Соглашение	Каратаев П.В. Федоров К.
Россия	Белгород	БелГУ	Совместные работы Соглашение	Кубанкин А.С. Аржанов И. Гильц М.Э. Карловская Е.А. Киданов Е.Ю. Киданова Е.Ю. Кищин И.А. Кленин А. Кубанкин Ю.С.
		Эрэнди Вакуум	Соглашение	Кубанкин Ю.С. Фирсов Д.Г.
	Владикавказ	ВТС "Баспик"	Соглашение	Кулов С.К. Самканашвили Д.Г.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы Соглашение	Зеленова А. Кузнецова Е. Ким В.
	Дубна	ИПИ "Омега"	Соглашение	Лузанов В.А.
		ИФТП	Соглашение	Бабин В.И. Газизов И.М. Смирнов А.А.
	Москва	Марафон	Соглашение	Бородулин А.В. Кровяков Ю.В. Рубанович И.А. Чепурнов А.С. Шамарин А.Ф.
		МИРЭА	Совместные работы	Рыжков М.А.
		ФИАН	Совместные работы	Карпов М.А.
	Санкт-Петербург	СПбГПУ	Совместные работы	Ким В.
	Саров	РФЯЦ-ВНИИЭФ	Совместные работы	Базаров Ю.Б. Гордеев А.Ю. Коротков М.С. Стайцова Е.М. Христенко А.А.
	Томск	ТПУ	Соглашение	Булавская А. Вуколов А. Григорьева А. Потылицын А.П. Стучебров С.Г. Токтаганова М. Черепенников Ю. Шевелев М. Шкитов Д.
Чили	Сантьяго	UNAB CTEPP	Совместные работы	Замора-Саа Д. Кулешов С.В.

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:
Германия, Италия, Китай, Россия, Румыния, США, Словакия, Турция, Франция, 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.	NOvA/DUNE	Ольшевский А.Г. *Заместители:* Анфимов Н.В. Самойлов О.Б.	02-2-1099-2-2015/2026
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., Завадский В., Кораблев Д.Е., Красноперов А.В., Кузнецова К.И., Наумова Е.А., Немченок И.Б., Ольшевский А.Г., Рыбников А.В., Садовский А.Б., 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., Кутовский Н.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 > ~3 сигма, прецизионное измерение спектра реакторных антинейтрино, поиск стерильных нейтринных состояний, измерение потоков солнечных и геонейтрино.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Завершение монтажа и запуск установки JUNO, проведение калибровок детекторов. Получение первых данных и проверка на них разработанных алгоритмов анализа. Запуск детекторных систем установки TAO, настройка системы калибровок детектора и приема данных.

2. NOvA/DUNE[2] — **Ольшевский А.Г.** — Реализация

Заместители:
Анфимов Н.В.
Самойлов О.Б.

ЛЯП Антошкин А.И., Большакова А.Е., Васина С.Г., Громов В.О., Иванова А.Д., Калиткина А.И., Климов О.Л., Кожукалов В.А., Колупаева Л.Д., Кресло И.Е., Кузнецова К.И., Ленский П.И., Морозова А.Д., Павлов А.В., Рыбников А.В., Селюнин А.С., Соколов С.А., Сотников А.П., Степанова А.В., Федосеев Д.В., Чалышев В.В., Четвериков А.В., Чуканов А.В., Шаров В.И., Шешуков А.С., Шкирманов Д.С.

ЛТФ Какорин И.Д., Кузьмин К.С., Матвеев В.А., Наумов В.А.

ЛИТ Балашов Н.А., Баранов А.В., Долбилов А.Г., Кузнецов Е.А., Кутовский Н.А.

ЛФВЭ Еник Т.Л., Мовчан С.А., Байгарашев Д., Саламатин К.Р., Мухамеджанов Е., Кекелидзе Г.Д., Ковалев Ю.С., Колесников А.О., Васильева Е.В., Азорский Н.И., Баутин В.В., Камбар Ы.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Измерение иерархии масс нейтрино, нарушения CP-четности и других параметров осцилляций нейтрино в ускорительных экспериментах с длинной базой. Поиск новых частиц и экзотических реакций.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Определение порядка масс нейтрино и параметра нарушения лептонной CP-четности в ускорительных экспериментах с длинной базой. Глобальный анализ данных нейтринных экспериментов, разработка экспериментов и создание установок нового типа. Поиск новых частиц и экзотических реакций.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Анализ данных событий эксперимента NOvA, включая экзотические реакции и измерение иерархии масс и CP (в том числе в результате совместного анализа разных экспериментов). Проведение методических исследований и разработка электроники считывания детекторов.

3. TAIGA — **Бородин А.Н.** — Реализация

ЛЯП Безъязыков П.А., Блинов А.В., Гребенюк В.М., Гринюк А.А., Карабаш Х., Лаврова М.В., Пороховой С.Ю., Пан А., Садовский А.Б., Шайковский А.В., Шолтан Е.

ЛНФ Рогов А.Д.

ЛФВЭ Горбунов Н.В.

ЛИТ Сатышев И.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Исследование гамма-излучения и заряженных космических лучей в диапазоне энергий $10^{13}-10^{18}$ эВ методом регистрации черенковского излучения от широких атмосферных ливней (ШАЛ): 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.

[2] Участие в эксперименте DUNE временно приостановлено до дальнейшего уведомления.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Дальнейший набор и анализ данных для восстановления спектра гамма-квантов от галактических источников. Введение в строй 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.	**Эксперименты NA65 / DsTau и FASER**	**Горнушкин Ю.А.**	2024-2026
			Набор и обработка данных

ЛЯП Васина С.Г., Дмитриевский С.Г., Милой М., Садовский А.Б., Сотников А.П.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Исследование свойств нейтрино на LHC. Поиск новых долгоживущих частиц: темных фотонов и аксионов. Исследование процесса рождения тау-нейтрино в протон-ядерных взаимодействиях.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Измерение сечения взаимодействия всех типов нейтрино в диапазоне энергий LHC. Определение ограничений на рождение экзотических частиц на LHC. Измерение сечения рождения тау-нейтрино в pW-взаимодействиях на CERN SPS.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Регистрация электронных нейтрино, рожденных на LHC. Первая оценка сечения взаимодействия электронных и мюонных нейтрино в ТэВ-ном диапазоне энергий. Получение ограничений на рождение темных фотонов и аксионов на коллайдере. Получение результатов исследования протон-ядерных взаимодействий в NA65.

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 в эксперименте DarkSide- 20k.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Получение новых ограничений на редкие процессы и нестандартные взаимодействия нейтрино по данным Borexino. Поиск частиц WIMP с чувствительностью, на два порядка превышающей современные пределы.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Получение новых ограничений на эффективный магнитный момент солнечных нейтрино и ограничений на вклад нестандартных взаимодействий нейтрино по данным Borexino. Получение новых пределов на время жизни аргона-36 по отношению к двойному К-захвату.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	**Город**	**Институт**	**Статус**	**Участники**
Германия	Ахен	RWTH	Совместные работы	Шталь А. + 5 чел.
	Гамбург	Ун-т	Совместные работы	Хагген К. + 3 чел.
Италия	Милан	UNIMI	Совместные работы	Рануччи Дж. Формозов А.
	Салерно	INFN	Совместные работы	Бозза К. + 3 чел.
Китай	Пекин	IHEP CAS	Совместные работы	Ван И. + 10 чел.
Россия	Иркутск	ИГУ	Совместные работы	Буднев Н.А. + 3 чел.
	Москва	НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Чепурнов А.С. + 3 чел.

Румыния	Мэгуреле	ISS	Совместные работы	Фиру Е.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Шимковиц Ф. + 4 чел.
США	Батавия	Fermilab	Совместные работы	Купер Дж. + 3 чел.
	Индианаполис	IUPUI	Совместные работы	Месьер М. + 2 чел.
	Кембридж, MA	Harvard Univ.	Совместные работы	Фельдман Г. + 1 чел.
	Колумбия, SC	UofSC	Совместные работы	Петти Р. + 1 чел.
Турция	Анкара	METU	Совместные работы	Гуллер М. + 4 чел.
Франция	Страсбург	CRN	Совместные работы	Дракос М. + 2 чел.
Чехия	Прага	CU	Совместные работы	Вробел В. + 3 чел.
				Лейтнер Р.
Швейцария	Берн	Uni Bern	Совместные работы	Вебер М.
				Кресло И.
Япония	Нагоя	Nagoya Univ.	Совместные работы	Сато У.
	Токио	Toho Univ.	Совместные работы	Шибуя С. + 2 чел.
	Фукуока	Kyushu Univ.	Совместные работы	Арига Т.

02-2-1144-2021

Поиск новой физики в лептонном секторе

Руководитель темы: Цамалаидзе З.

Участвующие страны и международные организации:
Беларусь, Великобритания, Германия, Грузия, Казахстан, 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., Волков А.Д., Евтухович П.Г., Евтухович И.Л., Калинников В.А., Канева Е.С., Павлов А.В., Сабиров Б.М., Самарцев А.Г., Симоненко А.В., Терещенко В.В., 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 (μ^-+Au→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:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Минск	БГУ	Совместные работы	Анищик В.М. + 5 чел.
		ИФ НАНБ	Совместные работы	Грабчиков А.С. Орлович В.А. Ходасевич И. Шёлковый Д.В. + 3 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Совместные работы	Лобко А. Мисевич О.В.
Великобритания	Лондон	Imperial College	Совместные работы	Кларк Д. + 4 чел. Учида Й. + 6 чел.
Германия	Дрезден	TU Dresden	Совместные работы	Зубер К. + 4 чел.
Грузия	Тбилиси	GTU	Совместные работы	Ломидзе Д. + 6 чел.
		HEPI-TSU	Совместные работы	Девидзе Г. + 4 чел.
		UG	Совместные работы	Гогилидзе С. + 2 чел.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Здоровец М. + 3 чел.
Россия	Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Совместные работы	Григорьев Д. + 6 чел.
		НГУ	Совместные работы	Бондар А. + 6 чел.
Франция	Париж	IN2P3	Совместные работы	Капуста Ф. + 4 чел.
Чехия	Прага	CU	Совместные работы	Фингер М. + 4 чел.
Япония	Осака	Osaka Univ.	Совместные работы	Куно Й. + 14 чел.
	Фукуока	Kyushu Univ.	Совместные работы	Тожо Дж. + 8 чел.
	Цукуба	KEK	Совместные работы	Михара С. + 18 чел.

Ядерная физика (03)

03-4-1146-2024

Нейтронная ядерная физика

Руководители: Копач Ю.Н.
Седышев П.В.
Швецов В.Н.

Участвующие страны и международные организации:
Азербайджан, Албания, Армения, Беларусь, Болгария, Ботсвана, 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 предложениях в Семилетний план развития ОИЯИ 2024-2030 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 трех проектов: двух научных («Исследование взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и «ТАНГРА») и одного научно-технического («Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры»).

Работы по разработке концепции источника УХН на импульсном реакторе, а также разработке методики радиографии на резонансных нейтронах планируются выделить в отдельные активности.

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

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., Садовский А.Б., 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:
Измерения угловых корреляций и сечений для характеристических гамма-линий, испускаемых продуктами реакций с быстрыми нейтронами, с помощью детекторов γ-квантов высокого разрешения.

Подготовка эксперимента по исследованию реакции (n,2n).

Разработка теоретического описания угловых распределений гамма-квантов, испускаемых при девозбуждении продуктов реакций с быстрыми нейтронами.

Проведение полевых испытаний мобильной установки для определения содержания углерода в почве.

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 15 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 экспериментальной инфраструктуры ускорительного комплекса, в частности, развитие новых методов исследования физических свойств поверхности материалов, способных дополнить и повысить качество получаемой научной продукции, нтенсификация международного научно-технического сотрудничества, организация юзерской политики, формирование 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:
Сертификация и ввод в эксплуатацию ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальных залов.

Замена сельсиновой системы управления оптоэлектронным аналогом.

Модернизация системы радиационного контроля и защиты персонала.

Модернизация комплекса ионно-лучевых спектрометров.

Введение в эксплуатацию твердотельной литиевой нейтронпроизводящей мишени.

Автоматизация сервисных систем ускорителя.

Выполнение технических проектов, в частности, проекта с АО «Микрон» (г. Зеленоград) «Проведение ионно-лучевой обработки полупроводниковых пластин диаметром 150 мм в количестве до 200 шт.», проекта по исследованию радиационной стойкости полимерных материалов для системы охлаждения детекторов коллайдера НИКА, проекта «Исследование зависимости чувствительности устройства УДКН-04Р от энергии нейтронов» с АО «СННИП» (ГК «РОСАТОМ» г. Москва).

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., Данилян Г.В., Джакху Р., Дмитриев А.Ю., Дорошкевич А.С., Ергашов А., Жерненков К.Н., Захаров М.А., Зейналов Ш.С., Зеленяк Т.Ю., Зиньковская И., 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., Малецкий А.В.,Малинин А.Г., Мезенцева Ж.В., Мицына Л.В., Музычка А.Ю., Нгуен Т.Б. Ми, Незванов А.Ю., Нехорошков П.С., Опреа И.А., Павлов С.С., Покотиловский Ю.Н., Пятаев В.Г., Реброва Н.В.,Сидорова О.В., Симбирцева Н.В., Ской В.Р., Славкова З.Д., Стрелков А.В., Таскаев С.Ю., Теймуров Э.С., 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., Христозова Г.Я., 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 СКМ-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 гамма-квантов, испускаемых в реакции радиационного захвата нейтронов образцами природного ниобия, и извлечение парциальных нейтронных ширин p-волновых резонансов 35.85 эВ, 42.15 эВ, 94.14 эВ.

Разработка методики определения плотностей потоков резонансных и тепловых нейтронов по сильным резонансам, например, индия (1.457 эВ, 3.85 эВ, 9.12 эВ), серебра (5.19 эВ) и золота (4.906 эВ).

Создание установки по исследованию T-нечетных эффектов в делении на канале №1 реактора ИБР-2.
Измерение выходов, угловых и энергетических распределений изотопов водорода в тройном делении ^{252}Cf.
Проведение измерений реакций (n,α) на ^{14}N, ^{16}O, ^{50,52,53}Cr на быстрых нейтронах с использованием твердых, так и газовых образцов.

Определение элементного состава ряда археологических образцов методом нейтронного резонансного анализа на установке ИРЕН.

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.

Активности темы:

Наименование активности Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководители	Сроки реализации Статус
1. Создание концептуального проекта источника ультрахолодных нейтронов (УХН) на импульсном реакторе	**Франк А.И.** **Кулин Г.В.**	2024-2025 Реализация
ЛНФ Захаров М.А., Мицына Л.В., Музычка А.Ю., Незванов А.Ю., Покотиловский Ю.Н., Стрелков А.В., Турлыбекулы К., 2 инженера, 1 рабочий		

Краткая аннотация и научное обоснование:
С момента открытия ультрахолодных нейтронов (УХН) в мире появился целый ряд интенсивных источников УХН и ведется сооружение еще нескольких из них. В Дубне источник УХН отсутствует, что в значительной степени связано с особенностями реактора ИБР-2М. Его средняя мощность 2 МВт относительно мала для создания источника УХН непрерывного действия, а частота повторения 5 Гц слишком велика для того, чтобы можно было аккумулировать нейтроны, рожденные в каждом отдельном импульсе. Однако импульсный поток тепловых нейтронов этого реактора очень велик, поскольку интервал между импульсами в сотни раз превышает их длительность.

Особенностью будущего источника УХН в ОИЯИ является импульсный режим наполнения ловушки, при котором нейтроны поступают в нее только во время импульса, а остальное время ловушка остается изолированной. Практическое осуществление этой идеи затруднено тем обстоятельством, что из-за наличия биологической защиты ловушка оказывается удаленной от замедлителя, в котором генерируются УХН, и должна быть соединена с ним транспортным нейтроноводом. При этом разброс времен пролета транспорта может значительно превышать интервалы между импульсами, лишая смысла саму идею накопления. Для решения этой проблемы в работе предлагалось использовать специальное устройство — временную линзу, дозированно меняющее энергию нейтронов по мере их прихода в эту линзу. Такое устройство позволяет восстановить импульсную структуру нейтронного пучка непосредственно перед входом в ловушку.

В последнее время идея импульсного наполнение ловушки УХН является предметом интенсивного обсуждения в литературе. Возникли альтернативные подходы к временной фокусировке нейтронов и методам замедления более быстрых, так называемых очень холодных нейтронов (ОХН) до энергий, характерных для УХН. Появились теоретические работы посвященные аспектам формирования нейтронного импульса временной линзой, а также особенности временной структуры пучка нейтронов при использовании флиппера-замедлителя с сильным магнитным полем. В результате появился значительный набор идей и предложений, которые могут быть положены в основу проекта нового источника УХН.

Целью работ в рамках «Активности» является формулировка на основе анализа как уже имеющихся, так и некоторых новых идей касающихся транспорта УХН, эволюции длительности нейтронных сгустков и формирования оптимальной временной структуры сгустков на входе в ловушку, концепции источника УХН на импульсном реакторе. Таковым может быть как имеющийся в ЛНФ реактор ОИЯИ ИБР-2М так и проектируемый реактор НЕПТУН. Предполагается, что конечный спектр УХН на входе в ловушку будет сформирован путем замедления ОХН.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание концептуального проекта источника ультрахолодных нейтронов (УХН) на импульсном реакторе.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Создание концептуального проекта источника УХН на импульсном реакторе.

Оформление и подача заявки на открытие проекта по созданию источника УХН.

2. Нейтронная резонансная спектроскопия **Балдин А.А.** **Швецов В.Н.** 2025-2026

Изготовление
Набор данных

ЛНФ Реброва Н.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 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:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	БГУ	Совместные работы	Гаджиева С.Р.
		ИГГ НАНА	Совместные работы	Алиев Ч.С. Гусейнов Д.А.
		ИРП НАНА	Совместные работы	Самедов О.А.
Албания	Тирана	UT	Совместные работы	Лазо П. + 3 чел.
Армения	Ереван	НИЦИКН	Совместные работы	Симонян А.Е. Ханзатян Г.А.

Беларусь	Гомель	ИРБ НАНБ	Соглашение	Мищенко Е.В.
	Минск	БГУ	Совместные работы	Ксеневич В.К. + 3 чел.
		ИЭБ НАНБ	Соглашение	Судник А.В.
		НИИ ЯП БГУ	Совместные работы	Максименко С.А. + 2 чел.
		НПЦ НАНБ	Совместные работы	Игнатенко О.В. + 4 чел.
	Хойники	ПГРЭЗ	Соглашение	Кудин М.В.
Болгария	Пловдив	PU	Совместные работы	Балабанов Н. + 2 чел.
				Маринова С. + 3 чел.
		UFT	Совместные работы	Ангелов А. + 5 чел.
	София	IE BAS	Совместные работы	Аврамов Л.
		INRNE BAS	Совместные работы	Русков И. + 4 чел.
				Русков Т.
				Стоянов Ч. + 2 чел.
Ботсвана	Палапье	BIUST	Совместные работы	Хиллхауз Г. + 1 чел.
Бразилия	Итабуна	UFSB	Соглашение	Жоана А.Г. да Луз
Венгрия	Будапешт	RKK OU	Совместные работы	Мезарос-Балинт А.
Вьетнам	Далат	DNRI	Совместные работы	Тран Туан Ан
	Ханой	IOP VAST	Совместные работы	Ле Хонг Кхьем + 2 чел.
		VNU	Совместные работы	Фам Динг Кнанг + 5 чел.
Германия	Майнц	JGU	Совместные работы	Рис Д.
	Мюнхен	TUM	Совместные работы	Кленке Й.
Грузия	Тбилиси	AIP TSU	Совместные работы	Джапаридзе Г. + 4 чел.
				Сапожникова Н.А.
		TSU	Совместные работы	Шетекаури Ш. + 5 чел.
Египет	Александрия	Ун-т	Совместные работы	Бадави М.С. + 3 чел.
	Гиза	CU	Совместные работы	Шериф М.
	Каир	NRC	Совместные работы	Ибрагим М. + 3 чел.
	Шибин-эль-Ком	MU	Совместные работы	Эль Самман Х. + 5 чел.
	Эль-Мансура	MU	Совместные работы	Саллах М. + 2 чел.
Индия	Аиджал	MZU	Совместные работы	Мутукумаран Бозе + 2 чел.
	Варанаси	BHU	Совместные работы	Кумар А. + 3 чел.
Италия	Рим	ENEA	Совместные работы	Карта М. + 2 чел.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Глущенко В.Н.
			Соглашение	Ленник С.Г.
	Астана	ЕНУ	Совместные работы	Омарова Н. + 5 чел.
	Кызылорда	КазНИИР	Совместные работы	Дуйсембеков Б.А.
		КУ	Совместные работы	Апазов Н.
Китай	Пекин	PKU	Соглашение	Чжан Гуахуэй
	Сиань	NINT	Совместные работы	Сун Чжаохуэ + 3 чел.
Куба	Гавана	UH	Совместные работы	Эдвин Педреро Гонсалес
МАГАТЭ	Вена	МАГАТЭ	Совместные работы	Фесенко С.
Молдова	Кишинев	ИМБ АНМ	Совместные работы	Рудь Л.Б.
			Соглашение	Чепой Л.Е.
		ИХ	Совместные работы	Чокырлан А.Г.
Монголия	Улан-Батор	GCRA	Совместные работы	Балжинням Н. + 2 чел.
		NRC NUM	Совместные работы	Хуухэнхуу Г. + 3 чел.
Польша	Вроцлав	UW	Совместные работы	Косиор Г. + 5 чел.
	Гданьск	GUT	Совместные работы	Бизюк М. + 4 чел.
	Краков	INP PAS	Совместные работы	Юрковски Я. + 1 чел.
	Лодзь	UL	Совместные работы	Анджеевски Ю. + 3 чел.
	Люблин	UMCS	Совместные работы	Жук Е. + 3 чел.
				Ясиньская Б. + 7 чел.
	Ополе	UO	Совместные работы	Вацлавек М. + 5 чел.

				Рафур М.
	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Совместные работы	Мияновский С.
				Поланский А. + 2 чел.
	Познань	AMU	Совместные работы	Блащак З. + 4 чел.
				Навроцик В. + 4 чел.
Республика Корея	Пхохан	PAL	Совместные работы	Ким Г. + 3 чел.
	Сеул	Dawonsys	Совместные работы	Ким Донг Су
	Тэджон	KAERI	Совместные работы	Чанг Д.
Россия	Архангельск	САФУ	Совместные работы	Есеев М.К.
	Борок	ИБВВ РАН	Совместные работы	Цельмович В.А. + 2 чел.
	Владикавказ	СОГУ	Совместные работы	Лабриненко Ю.В.
				Тваури И.В.
	Воронеж	ВГУ	Совместные работы	Вахтель В.М.
				Кадменский С.Г. + 3 чел.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Воробьев А.С. + 3 чел.
				Воронин В.В. + 10 чел.
	Грозный	ЧГПУ	Совместные работы	Оказова З.П.
	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Рогачев А.В.
	Донецк	ДонФТИ	Соглашение	Шалаев Р.В.
	Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Совместные работы	Моржухина С.В. + 5 чел.
				Сеннер А.Е. + 3 чел.
		Диамант	Соглашение	Реунов П.П.
	Екатеринбург	УрФУ	Совместные работы	Кружалов А.В. + 5 чел.
	Елыкаево	Сириус. Кузбасс	Соглашение	Носков М.А.
	Иваново	ИГХТУ	Совместные работы	Гриневич В.И.
				Дунаев А.М.
	Ижевск	УдГУ	Совместные работы	Бухарина И.Л.
				Зубцовский Н.
	Иркутск	ЛИН СО РАН	Совместные работы	Ходжер Т.В.
	Калининград	БФУ им. И.Канта	Совместные работы	Родионова В.В.
	Москва	"СНИИП"	Соглашение	Чебышов С.Б.
		АО "МНРХУ"	Соглашение	Серегина Е.И.
		ВНИИА	Совместные работы	Боголюбов Е.П. + 1 чел.
		ГИИ	Соглашение	Царевская Т.Ю.
		ГИКМЗ "МК"	Совместные работы	Захарова О.А.
		ГИН РАН	Совместные работы	Ляпунов С.М. + 3 чел.
		ИА РАН	Соглашение	Вдовиченко М.В.
		ИКИ РАН	Совместные работы	Пеков А.Н.
			Соглашение	Литвак М.Л.
		ИМЕТ РАН	Соглашение	Анохин А.С.
		ИОФ РАН	Совместные работы	Михайлова Г.Н.
		ИТЭФ	Совместные работы	Беда А.Г.
				Данилян Г.В. + 3 чел.
		ИФХЭ РАН	Совместные работы	Сафонов А.С. + 3 чел.
		МГМУ	Совместные работы	Каралкин П.Д.
		МГУ	Совместные работы	Бацевич В.А. + 2 чел.
				Белохин В.С.
				Бушуев В.А.
				Краснушкин А.Б. + 1 чел.
		МИСИС	Совместные работы	Исаев Р.Ш.
			Соглашение	Лагов П.Б.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Чувильский Ю.М. + 1 чел.
			Соглашение	Третьякова Т.Ю. + 2 чел.

		НИЦ КИ	Совместные работы	Барабанов А.Л. + 2 чел.
		ФИЦ "Почвенный ин-т"	Соглашение	Болотов А.Г.
	Москва, Зеленоград	"Ангстрем"	Соглашение	Гаджиев А.А.
		"Микрон"	Соглашение	Шипигузов А.В.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Кузнецов В.Л.
			Соглашение	Ткачев И.И.
	Нижний Новгород	ИФМ РАН	Совместные работы	Салащенко Н.Н.
				Чхало Н.И. + 1 чел.
	Обнинск	ФЭИ	Совместные работы	Грудзевич О.Т. + 10 чел.
	Пермь	ПГНИУ	Совместные работы	Гатина Е.Л.
	Санкт-Петербург	Ботанический сад БИН РАН	Совместные работы	Ткаченко К.Г. + 3 чел.
		НИИФ СПбГУ	Совместные работы	Бунаков В.Е. + 1 чел.
		РИ	Совместные работы	Смирнов А.Н. + 1 чел.
		СПбГЛТУ	Совместные работы	Алексеев А.С. + 10 чел.
		СПГУ	Совместные работы	Василенко Т.А.
		ФТИ им. А.Ф. Иоффе	Совместные работы	Вуль А.Я. + 5 чел.
	Севастополь	ИнБЮМ	Совместные работы	Мильчакова Н.А. + 2 чел.
	Старая Ладога	СЛ Музей	Соглашение	Удалова Ю.В.
	Тула	ТулГУ	Совместные работы	Волкова Е.М.
Румыния	Бая-Маре	TUCN-NUCBM	Совместные работы	Тодоран Р. + 3 чел.
	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Апостол А.
				Гита Д.
				Дима О.
				Михай О.
				Пантелика А. + 3 чел.
				Сетнеску Р.
		IGR	Совместные работы	Дулиу О.
		INCDIE ICPE-CA	Совместные работы	Мирела М. + 5 чел.
		UB	Совместные работы	Груя И.
				Дулиу О.
				Жила А.
				Лазану И.
				Тудора А.
	Галац	DJUG	Совместные работы	Энэ А. + 3 чел.
	Клуж-Напока	INCDTIM	Совместные работы	Соран Н.Л.
	Констанца	UOC	Совместные работы	Белк М. + 2 чел.
	Мэгуреле	ISS	Совместные работы	Потлог П.М.
	Орадя	UO	Совместные работы	Опреа А. + 3 чел.
				Филип С.
	Питешти	ICN	Совместные работы	Преда М.
	Рымнику-Вылча	ICSI	Совместные работы	Куруя М. + 3 чел.
				Опря К.
				Штефанеску И.
	Сибиу	ULBS	Совместные работы	Бондреа И.
	Тимишоара	UVT	Совместные работы	Штеф М. + 4 чел.
	Тырговиште	VUT	Совместные работы	Бамвак М.
				Бамкута И.
				Радулеску К.
				Сетнеску Т.
				Стихи С. + 4 чел.
	Яссы	NIRDTP	Совместные работы	Чирах Х.+ 2 чел.
		UAIC	Совместные работы	Хумелнику Д.
Северная Македония	Скопье	UKiM	Совместные работы	Стафилов Т. + 3 чел.

Сербия	Белград	INS "VINCA"	Совместные работы	Йованович З. + 1 чел.
		IPB	Совместные работы	Аничич М. + 5 чел.
		Ун-т	Совместные работы	Попович Д.
	Нови-Сад	UNS	Совместные работы	Крмар М. + 3 чел.
			Соглашение	Теофилович В.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Кучерка Н. + 5 чел.
				Холи К.
		IEE SAS	Совместные работы	Гуран Е.
		IP SAS	Совместные работы	Климан Я. + 3 чел.
Словения	Любляна	GeoSS	Совместные работы	Шайн Р.
США	Дарем, NC	Duke	Совместные работы	Гоулд К. + 2 чел.
				Торноу В.
	Лос-Аламос	LANL	Совместные работы	Систрем С. + 5 чел.
	Ок-Ридж	ORNL	Совместные работы	Келер П.
Таиланд	Хатъяй	PSU	Совместные работы	Бонгсуван Т.
Турция	Чанаккале	COMU	Совместные работы	Кошкун М. + 3 чел.
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Артемов С.В.
			Соглашение	Курбанов Б.И.
Финляндия	Йювяскюля	UJ	Совместные работы	Тржаска В.
	Оулу	UO	Совместные работы	Керонен А. + 3 чел.
Франция	Гренобль	ILL	Совместные работы	Гельтенборт П.
				Йенчель М.
				Несвижевский В.
		LPSC	Совместные работы	Протасов К.В. + 2 чел.
	Кадараш	CC CEA	Совместные работы	Соул Р. + 5 чел.
	Сакле	LLB	Совместные работы	Лерой С. + 2 чел.
	Страсбург	IPHC	Совместные работы	Стуттже Л. + 2 чел.
Хорватия	Загреб	Oikon IAE	Совместные работы	Спирич З. + 5 чел.
		RBI	Совместные работы	Валкович + 2 чел.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Совместные работы	Киавери Э. + 12 чел.
Чехия	Острава	VSB-TUO	Совместные работы	Янчик П.
	Прага	CEI	Совместные работы	Кучера Я. + 2 чел.
		CTU	Совместные работы	Штекл И. + 15 чел.
	Ржеж	CVR	Совместные работы	Патрик М.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Лаусс Б.
				Шмидт-Веленбург Ф.
ЮАР	Беллвилл	UWC	Совместные работы	Петрик Л. + 5 чел.
	Претория	UNISA	Совместные работы	Софианос С.
	Стелленбос	SU	Совместные работы	Безюденот Ж. + 3 чел.
				Ле Росс
Япония	Киото	KSU	Совместные работы	Кимура И. + 3 чел.
	Цукуба	KEK	Совместные работы	Масуда Я. + 5 чел.

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, Болгария, Вьетнам, Германия, Индия, Италия, Казахстан, Китай, Монголия, Республика Корея, Россия, Румыния, Словакия, Франция, Швейцария, 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:* Худоба В. 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., Дмитриев С.Н., Ибадуллаев Д., Изосимов И.Н., Исаев А.В., Иткис Ю.М., Катрасев Д.Е., Клыгин С.А., 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., Крупа Л., Кузнецова А.А., Кульков К.А., Куркова Н.Ю., Мадумаров А.Ш., Малокост А.Ю., Малышев О.Н., Муравьев И.В., Мухин Р.С., Новиков К.В., Новоселов А.С., Опихал А., 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., Субботин В.Г., Тезекбаева М., Тихомиров Р.С., Утенков В.К., Цыганов Ю.С., Чепигин В.И., Челноков М.Л., Чернышева Е.В., Чупраков И., Шубин В.Д., Шумейко М.В., Юхимчук С.А.

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 Фабрика сверхтяжелых элементов ОИЯИ, введенной в эксплуатацию в 2020 году. Исследование динамики ядерных реакций будет проводится на ускорительном комплексе У-400 до его остановки на модернизацию. После завершения модернизации исследования продолжатся на У-400Р. Во время модернизации

исследования, направленные на изучение динамики и механизмов реакций будут проводиться на низкоэнергетическом выводе ускорителя У-400М.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Синтез новых сверхтяжелых элементов 119 и 120.

Синтез и изучение характеристик распада сверхтяжелых ядер.

Исследование химических свойств сверхтяжелых элементов.

Спектроскопия радиоактивного распада тяжелых и сверхтяжелых ядер.

Первые эксперименты по измерению масс сверхтяжелых ядер.

Исследования динамики ядерных реакций с тяжелыми ионами.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Проведение экспериментов на сепараторе ГНС-2 Фабрики СТЭ по изучению сечений образования ядер в реакциях с ионами ^{48}Ca, ^{50}Ti, ^{54}Cr, ^{58}Fe и свойств синтезируемых ядер.

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>100 (No, Lr, Rf, Sg), образующихся в реакциях с ионами Ne, Mg, Ar, Ca, Ti, Cr, на сепараторах SHELS и GRAND (ГНС-3) с использованием детектирующих систем GABRIELA и SFiNX.

Проведение экспериментов по изучению 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.

Исследование реакций ^{40,42,44,48}Ca + ^{208}Pb, изучение влияния структурных эффектов на механизм реакции, сечения слияния-деления и квазиделения, а также характеристики фрагментов реакции.

2. Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности

Каминьски Г.
Сидорчук С.И.
Заместители:
Худоба В.
Фомичев А.С.

Реализация

ЛЯР Ажибеков А., Азнабаев Д., Алманбетова Е., Амер А., Безбах А.А., Белогуров С.Г., Богачев А.А., Бутусов И.В., Батчулуун Э., Вольски Р., Воробьев И.В., Воронцов А.Н., Газеева Э.М., Головков М.С., Горшков А.В., Григоренко Л.В., Ертаева Д., Исатаев Т., Исмаилова А., Иткис Ю.М., Клыгин С.А., 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., Маслов В.А., Мендибаев К., Молоторенко К.Д., Музалевский И.А., Никольский Е.Ю., Новиков К.В., Парфенова Ю.Л., Пенионжкевич Ю.Э., 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., Фан Н.Х., Тихомиров Р.С., 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 оснащен радиочастотным фильтром для дополнительной очистки вторичных пучков, магнитным спектрометром для разделения продуктов реакции, комплексом криогенных мишеней изотопов водорода и гелия, массивом нейтронных детекторов на основе кристаллов стильбена, 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, 4n, 2p.

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-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:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Минск	ИЭ НАНБ	Совместные работы	Баев В.Г. + 1 чел.
Болгария	София	INRNE BAS	Совместные работы	Тонев Д.В. + 3 чел.
Вьетнам	Ханой	IOP VAST	Совместные работы	Ли Хонг Хим + 1 чел.
	Хошимин	HCMUE	Совместные работы	Хаи В.Х. + 1 чел.
Германия	Дармштадт	GSI	Совместные работы	Дикель Т. Першина В.
			Соглашение	Шайденбергер К. + 3 чел.
Индия	Калькутта	VECC	Совместные работы	Тилак Гош Кумар + 3 чел.
	Манипал	MU	Совместные работы	Гупта М. + 5 чел.
	Рурки	IIT Roorkee	Совместные работы	Маити М. + 5 чел.
Италия	Неаполь	Unina	Совместные работы	Вардачи Э. + 4 чел.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Соглашение	Алимов Д.К. + 3 чел. Бутербаев Н. +3 чел. Жолдыбаев Т. + 3 чел.
		КазНУ	Соглашение	Юшков А.В. + 2 чел.
	Астана	ЕНУ	Соглашение	Кутербеков К.
Китай	Ланьчжоу	IMP CAS	Совместные работы	Ган З. + 6 чел. Жонг Лю Чин Ж. + 1 чел.
			Соглашение	Чжун Л. + 4 чел.
	Пекин	CIAE	Совместные работы	Хунъи У.
		PKU	Совместные работы	Жихуан Ли Фэншоу Ч. + 5 чел. Янлинь Й. + 5 чел.
		UCAS	Совместные работы	Йонгбо Ю
Монголия	Улан-Батор	GCRA	Соглашение	Балжинням Н. + 2 чел.
Республика Корея	Тэджон	IBS	Совместные работы	Парк Х.К. + 2 чел.
			Соглашение	Хан К.И. + 3 чел.
Россия	Воронеж	ВГУ	Соглашение	Титова Л.А. + 4 чел.
	Димитровград	ГНЦ НИИАР	Совместные работы	Тузов А.А. + 5 чел.
	Дубна	ИФТП	Совместные работы	Смирнов А.А. + 2 чел.
	Москва	ИНЭОС РАН	Совместные работы	Трифонов А.А.
		МГУ	Совместные работы	Калмыков С.Н. + 3 чел.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Еременко Д.О. + 3 чел.
		НИЦ КИ	Совместные работы	Алиев Р.А. + 1 чел.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Соглашение	Жуйков Б.Л. + 1 чел.

	Санкт-Петербург	ИАП РАН	Совместные работы	Явор М.И. + 8 чел.
		РИ	Совместные работы	Хлебников С.В. + 2 чел.
		СПбГУ	Совместные работы	Шабаев В.М. + 3 чел.
		ФТИ им. А.Ф. Иоффе	Совместные работы	Еремин В.К. + 1 чел.
	Саров	РФЯЦ-ВНИИЭФ	Совместные работы	Завьялов Н.В. + 5 чел.
				Юхимчук А.А. + 4 чел.
	Сосновый Бор	ВНИПИЭТ	Соглашение	Несветайлов С.А. + 4 чел.
Румыния	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Борча К. + 2 чел.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Анталиц С. + 2 чел.
Франция	Орсе	IJCLab	Совместные работы	Хошильд К. + 3 чел.
	Страсбург	IPHC	Совместные работы	Галл Б. + 3 чел.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Айхлер Р. + 5 чел.
ЮАР	Претория	UNISA	Соглашение	Лекала М.Л. + 2 чел.
	Ричардс-Бей	UNIZULU	Совместные работы	Джили Т. + 2 чел.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Принц Д.
			Соглашение	Малека П. + 2 чел.
	Тхохояндоу	UNIVEN	Совместные работы	Немангвеле П.

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, 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	Руководители проекта	Шифр проекта
1.	Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины	Философов Д.В. *Заместители:* Баймуханова А. Величков А.И. Гуров Ю.Б. Иноятов А.Х. Караиванов Д.В. Хушвактов Ж.Х.	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:* **Баймуханова А.** **Величков А.И.** **Гуров Ю.Б.** **Иноятов А.Х.** **Караиванов Д.В.** **Хушвактов Ж.Х.**	Реализация НИОКР Изготовление Набор данных

ЛЯП Абд А.М., Алексеев И.В., Алшубаки Х.М., Антохина К.В., Ваганов Ю.А., Вагина О.В., 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., Ледницка Т.., Мазарская Н.В., Мирзаев Н.А., Морозов В.А., Морозова Н.В., Морозова Т.А., Мохине Н.Д., Мухина М.В., Немченок И.Б., Пономарев Д.В., Рахимов А.В., Розов С.В., Розова И.Е., Саламатин А.В., Саламатин Д.А., Саматов Ж.К., Сандуковский В.Г., Солнышкин А.А., Стегайлов В.И., Суслов И.А., Темербулатова Н.., Тимкин В.В., Трофимов В.Н., Фарисеева В.В., Фатеев С.В., Хусенова Ю.К., Шахов К.В., Шевченко М.Ю., Щербакова И.С., Эльтохи М.Э., 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 точеных, 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 двойного безнейтринного β-распада, а также другие типы жидких и пластмассовых сцинтилляторов;

– ожидается разработка композиционных сцинтилляционных систем регистрации для нейтринных экспериментов;

– будут разработаны и начнут применяться 3He-счетики для регистрации низких потоков нейтронов (не менее 10^{-6} n ×см$^{-2}$×с); планируется разработать компактный чувствительный детектор радона, технологию изготовления низкорадиоактивных 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; будут исследованы виды распада широкого круга радионуклидов, определено их содержание в образцах (^{96}Zr, ^{40}K, ^{138}La и др.) для изучения редких процессов.

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 и выделения (в том числе и с использованием масс-сепарации) радионуклидов 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;

– планируется отработать методики получения пластмассовых сцинтилляторов, пригодных для разделения n/γ-излучений по форме импульса;

– ожидается получение результатов разработки композиционных сцинтилляционных систем регистрации для нейтринных экспериментов нового поколения; будет создан прототип вспомогательного детектора для больших реакторных экспериментов;

– планируется тестирование разработанного ^{3}He-счетика с низким собственным фоном;

– будут разработаны технологии изготовления деталей из отобранных низкорадиоактивных пластмасс с использованием 3D-печати.

Будут предложены схемы спектрометров пострараспадных фотонов (от края инфракрасного излучения до мягкого рентгеновского) в области энергий 1–200 эВ.

Планируется получить экспериментальные данные о спектрах низкоэнергетических электронов из распада радиоизотопов кобальта-56, кобальта-57, рубидия-83 и европия-155 на бета-спектрометре ESA-50 для тестирования существующих компьютерных кодов для оценки дозовых составляющих оже- и конверсионных электронов в радиационной гигиене и радионуклидной терапии

Будут получены выходы фотоядерных реакций, уточнены типы распада широкого круга 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 разделения радионуклидов.

Будут разработаны и реализованы методы получения образцов (^{96}Zr) для астрофизических и нейтринных задач с новым ультранизким уровнем содержания примесей, получены новые экспериментальные данные.

Планируется калибровка масс-спектрометра (МС-ИСП) с использованием стандартных образцов, будут освоены методики пробоподготовки с целью анализа образцов на ультранизком уровне чувствительности по Th и U.

2. Исследование реакторных нейтрино на короткой базе

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., Заикин А.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., 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., Саламатин А.В., Саламатин Д.А., Сандуковский В.Г., 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., Шевченко М.Ю., Шевчик Е.А., Щербакова И.С., Эльтохи М.Э., 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, расположенный 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 (ММН), 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 из 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, кроме того, может иметь и 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 планируется 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 завершению 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 выполнения эксперимента νGeN ожидается впервые зарегистрировать когерентное рассеяние антинейтрино от реактора, улучшить чувствительность к обнаружению магнитного момента нейтрино до уровня ~ 1×10^{-11} m_B после нескольких лет измерений, что позволит значительно улучшить современное 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 существующими экспериментами.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
DANSS: будут продолжены измерения на установке DANSS, анализ данных измерений; ожидаются новые результаты исследования осцилляций в стерильные состояния; планируется проведение НИОКР по созданию DANSS-2; разработка и финальная сборка DANSS-2 на Калининской атомной станции.

νGeN: планируется проведение измерений в текущей конфигурации и одновременно дальнейшая модернизация установки, включающая новое внутреннее вето, замену пассивной защиты, обновление системы набора данных; ожидается получение новых результатов по магнитному моменту и УКРН. Измерение и анализ фонов, в том числе нейтронного фона.

RICOCHET: ожидаются первые результаты на установке в ILL; будут продолжены работы по усовершенствованию детекторов; на основе экспериментальных данных планируется создание улучшенной модели Монте-Карло.

3. Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений

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

Реализация 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., Доценко И.С., Емельянов А.Н., Житников И.В., Заикин А.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., Кулькова Е.Ю., Ледницка Т., Лубашевский А.В., Мазарская Н.В., Мирзаев Н.А., Морозов В.А., Морозова Т.А., Немченок И.Б., Рахимов А.В., Румянцева Н.С., Саламатин А.В., Саламатин Д.А., Сандуковский В.Г., Смольников А.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., Эльтохи М.Э., Якушев Е.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект включает пять основных экспериментов: LEGEND (The Large Enriched Germanium Experiment for Neutrinoless double beta Decay), TGV (Telescope Germanium Vertical), SuperNEMO (Neutrino Ettore Majorana Observatory), MONUMENT (Muon Ordinary capture for the NUclear Matrix elemENTs) и Zr-BNO. Эксперименты решают задачи поиска и исследования безнейтринного двойного бета-распада.

Ожидаемые результаты по завершению проекта:
Эксперимент LEGEND создан для поиска безнейтринного двойного бета-распада ^{76}Ge (0νββ). В LEGEND используются открытые детекторы из германия, обогащенного изотопом ^{76}Ge, погруженные в жидкий аргон. Ультимативной целью проекта является достижение чувствительности по периоду полураспада 0νββ-распада ^{76}Ge>10^{28} лет (90% C.L.).

Программа демонстрационного модуля SuperNEMO включает прецизионные измерения двухнейтринного двойного бета-распада 2νββ, она 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.

Целью Zr-BNO эксперимента является поиск двойного бета-распада Zr-96 на возбужденные состояния Mo-96 и поиск бета-распада Zr-96 в Nb-96.

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.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Первые результаты в крупномасштабном эксперименте LEGEND по поиску 0νββ-распада ^{76}Ge. НИОКР для аппаратных компонентов LEGEND-1000 (держатели детекторов, ASIC, система погружения детекторов, аргоновое вето и т.д.). Начало производства и тестирования новых детекторов из обогащенного Ge и монтажа установки LEGEND-1000 в базовой подземной лаборатории.

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 новой экспериментальной кампании в PSI, включающей НИОКР в ОИЯИ (приобретение детекторов и мишеней, калибровки, моделирование). Сбор данных и анализ накопленных данных. Предполагается провести измерения мюонного захвата с твердой мишенью титана-48 и газовыми мишенями углерода, обогащенных по атомным массам 12 и 13 (исследование легких ядер с точки зрения проверки теоретических моделей, применимых для двойного бета-распада), а также обогащенного ^{96}Mo. 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 Zr-96 на низкофоновых установках в ОИЯИ и БНО.

Активности темы:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		Статус
1. Ядерный болометр	**Трофимов В.Н.**	2025-2027
		НИОКР

ЛЯП Коломиец В.Г., Неганов А.Б., Приладышев А.А., Федоров А.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Данный проект является частью программы «Исследование когерентного упругого 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 проекта 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 и 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 и ввод в эксплуатацию криогенной системы на основе сухого криостата растворения ^{3}He-^{4}He.

2. DUBTO-2	**Понтекорво Д.Б.**	2025-2027
		Обработка данных

ЛЯП Рождественский А.М., Сабиров Б.М., Розова И.Е., Густов С.А., Гребенюк В.М., Молоканов А.Г., Швыдкий С.В., Панюшкин В.А.

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 π±4π±4He-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 π±4π±4He -взаимодействия, как, например, импульсов и углов вылета вторичных частиц и инвариантных масс двух и трёх частиц. В частности, будут уточнены вероятности различных каналов π±4π±4He-взаимодействия.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
В 2025 году будет проведена обработка уже измеренных снимков событий π±4π±4He-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:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	ИРП НАНА	Совместные работы	Мустафаев И.И. + 1 чел.
Бельгия	Лёвен	KU Leuven	Совместные работы	Коколиус Т. + 1 чел.
Болгария	Пловдив	PU	Совместные работы	Маринов А. + 1 чел.
	София	INRNE BAS	Совместные работы	Костов Л. + 3 чел.
Великобритания	Ковентри	Warwick	Совместные работы	Митра Ф. + 7 чел.
	Лондон	Imperial College	Совместные работы	Франкини П. + 1 чел.
		UCL	Совместные работы	Аттрее Д. + 23 чел.
	Манчестер	CRR	Совместные работы	Де Капуа С. + 7 чел.
	Эдинбург	Ун-т	Совместные работы	Бершауэр К. + 5 чел.
Германия	Гейдельберг	MPIK	Совместные работы	Швингенхойер Б. + 2 чел.
	Мюнхен	TUM	Совместные работы	Шонерт С. + 7 чел.
	Тюбинген	Ун-т	Совместные работы	Йохум Й. + 2 чел.
Италия	Ассерджи	INFN LNGS	Совместные работы	Лаубенштайн М. + 2 чел.
	Турин	INFN	Совместные работы	Галанте Л. + 1 чел.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Сахиев С.К. + 5 чел.
Россия	Воронеж	ВГУ	Совместные работы	Вахтель В.М. + 4 чел.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Серебров А.П. + 5 чел.
	Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Совместные работы	Немченок И.Б. + 2 чел.
	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Алексеев И.Г. + 8 чел. Барабаш А.В. + 2 чел.
		МГУ	Совместные работы	Студеникин А.И. + 5 чел.
		НИЯУ "МИФИ"	Совместные работы	Гуров Ю.Б. + 5 чел.
		ФИАН	Совместные работы	Данилов М.В. + 2 чел.
	Нейтрино	БНО ИЯИ РАН	Совместные работы	Кузьминов В.В. + 20 чел.
	Нижний Новгород	ИФМ РАН	Совместные работы	Мельников А.С. + 2 чел.
		НГТУ	Совместные работы	Панкратов А.Л. + 6 чел.
	Саров	РФЯЦ-ВНИИЭФ	Совместные работы	Юхимчук А.А. + 10 чел.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Шимковиц Ф. + 4 чел.
США	Айдахо-Фоллс	INEEL	Совместные работы	Кэффри Дж. + 2 чел.
	Амхерст	UMass	Совместные работы	Пинкни Х.Д. + 4 чел.
	Кембридж, MA	MIT	Совместные работы	Формаджо Дж.А. + 10 чел.
	Остин	UT	Совместные работы	Цезарь Дж. + 3 чел.
	Таскалуса	UA	Совместные работы	Островский И. + 2 чел.
	Чапел-Хилл	UNC	Совместные работы	Вилкерсон Дж. + 3 чел.
	Эванстон	NU	Совместные работы	Фигероа-Феличиано Э. + 4 чел.
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Садыков И.И. + 6 чел.
Франция	Аннеси-ле-Вье	LAPP	Совместные работы	Шабанн Э. + 6 чел.
	Бордо	LP2I	Совместные работы	Пикемаль Ф. + 5 чел.
	Гренобль	CNRS	Совместные работы	Ламблин Дж. + 19 чел.
		ILL	Совместные работы	Солднер Т. + 12 чел.
		Neel	Совместные работы	Бенуа А. + 1 чел.

	Жив-сюр-Иветт	CEA	Совместные работы	Армengауд Э. + 5 чел.
	Кан	LPC	Совместные работы	Депреомон Х. + 7 чел.
	Лион	UL	Совместные работы	Биллард Дж. + 20 чел. Гаскон Дж. + 13 чел.
	Марсель	CPPM	Совместные работы	Дасто Дж. + 2 чел.
	Модан	LSM	Совместные работы	Варо Г. Гаскон Ж.
	Орсе	CSNSM	Совместные работы	Марниерос С. + 18 чел. Саразин Х. + 10 чел.
		UP-S	Совместные работы	Джин Ю.
Чехия	Прага	CTU	Совместные работы	Штекл И. + 8 чел.
		CU	Соглашение	Воробель В. + 1 чел.
		IEAP CTU	Совместные работы	Балей К. + 1 чел.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Кнехт А. + 2 чел.
	Цюрих	UZH	Совместные работы	Баудис Л. + 2 чел.
Япония	Осака	Osaka Univ.	Совместные работы	Номачи М.
	Цуруга	WERC	Совместные работы	Сузуки К.

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, Индия, 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 Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководители проекта	Шифр проекта Статус
1. НАНОБИОФОТОНИКА	**Арзуманян Г.М.** **Маматкулов К.З.**	04-4-1147-1-2024/2028 Набор данных Реализация

ЛНФ Арынбек Е., Балашою М., Дорошенко М.А., Исави Х.А., Ле Дык Хюи, Фам Бао Чи, Эшонкулова М.Н.

ЛТФ Мацко Н.Л., 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:
Измерения и характеризация транспортных свойств двумерных материалов и гетероструктур ван-дер-Ваальса в зависимости от энергии фотона лазерного возбуждения.

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 температуры, pH, и с применением добавок.

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:
Рамановская спектроскопия и МД симуляция вторичной структуры пептида бета-амилоида в системе липид/пептид в зависимости от pH и температуры.

Начало исследований низкочастотного рамановского спектра биологических макромолекул.

Влияние одновременного и последовательного облучения клеток нейтрофилов на формирование фотонетоза.

Исследования поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния молекул аналита на плазмонной подложке, покрытой 2D материалом.

Модификация 2D материалов редкоземельными элементами и фтором и их анализ методами рамановской и фотолюминесцентной спектроскопии.

Плазмонное усиление ап-конверсионной фотолюминесценции наночастиц, активированных редко-земельными элементами.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	ЕГУ	Совместные работы	Лалаян А.А.
Беларусь	Минск	БГУИР	Совместные работы	Бондаренко А.В. + 1 чел.
		НПЦ НАНБ	Совместные работы	Живулько В.Д.
		СОЛ инструментс	Соглашение	Копачевский В. Дж. + 3 чел.
Вьетнам	Ханой	IOP VAST	Соглашение	Транг Д.
Египет	Каир	NRC	Совместные работы	Ибрагим М. + 3 чел.
Индия	Аиджал	MZU	Совместные работы	Мутукумаран Бозе + 2 чел.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Назаров К.
Россия	Владивосток	ДВФУ	Совместные работы	Голик С.С.
	Москва	МГУ	Совместные работы	Воробьева Н.В.
	Санкт-Петербург	ПСПбГМУ	Совместные работы	Моисеев А.А.
	Якутск	СВФУ	Соглашение	Смагулова С.А.
Сербия	Белград	Ун-т	Совместные работы	Йевремович А. + 2 чел.
Узбекистан	Джизак	ДФНУУ	Соглашение	Уралов А.И.

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.
Красавин Е.А.

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	Чижов А.В. 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., Бугай А.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., Ильина Е.В., Исакова М.Д., Коваленко М.А., Кожина Р.А., Кокорева А.Н., Колесникова И.А., Колтовая Н.А., Комова О.В., Корогодина В.Л., Кошлань И.В., Кошлань Н.А., Красавин Е.А., Крупнова М.Е., Кузьмина Е.А., Куликова Е.А., Куцало П.В., Лхасурэн П.О., Матчук О.Н., Миту Лал, Мельникова Ю.В., Мельникова Л.А., Насонова Е.А., Нгуен Бао Нгок, Нуркасова А., Пахомова Н.В., Петрова Д.В., Пронских Е.В., Северюхин Ю.С., Смирнова И.В., Тилавова Г.Т., Тиунчик С.И., Тюпикова Т.В., Утина Д.М., Фам Тхи Зуен, Фролова А.В., Храмко Т.С., Чаусов В.Н., Шванева Н.В., Шамина Д.В., Шипилова Е.А., Эрнандес Гонсалес И.

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 и репарации кластерных двунитевых разрывов ДНК при действии ускоренных заряженных частиц и фотонного излучения в нормальных и опухолевых клетках (фибробласты человека, клетки глиобластомы U87, клетки мышиной меланомы B16) и нейронах различных отделов центральной нервной системы животных.

Продолжить анализ закономерностей формирования и структуры сложноорганизованных кластерных повреждений ДНК методом иммуноцитохимического окрашивания белков репарации γH2AX, 53BP1, OGG1, XRCC1 в нормальных и опухолевых клетках (фибробласты человека, клетки глиобластомы U87, клетки мышиной меланомы B16) при действии ускоренных заряженных частиц и фотонного излучения.

Продолжить подбор модификаторов, повышающих радиочувствительность опухолевых клеток в комплексе с арабинозидцитозином при облучении *in vivo* и *in vitro* ионизирующими излучениями с разными физическими характеристиками.

Продолжить исследования закономерностей и механизмов радиосенсибилизирующего действия арабинозидцитозина в различных комбинациях с модификаторами репарации на выживаемость, формирование и элиминацию повреждений ДНК в нормальных и опухолевых клетках.

Проанализировать хромосомные нарушения у радиационно-индуцированных мутантов и их потомков, экспрессированных в области минимального уровня HPRT-мутагенеза и в отдаленные сроки после облучения клеток китайского хомячка (линия V-79) γ-квантами и ускоренными ионами бора.

Продолжить исследование влияния гетерогенности популяции дрожжевых клеток на чувствительность к летальному и мутагенному действию УФ и ионизирующих излучений.

Продолжить изучение закономерностей индукции структурных перестроек в клетках дрожжей при действии ионизирующих излучений с разной ЛПЭ.

Продолжить исследование влияния повреждений митохондриальной ДНК на радиочувствительность и мутагенез.

Продолжить анализ метафазным и mFISH методом хромосомных аберраций, индуцированных в лимфоцитах периферической крови обезьян (*Macaca mulatta*) после воздействия ускоренными ионами углерода.

Оценить методом преждевременной конденсации хроматина индукцию первичных повреждений хроматина и кинетику их репарации в нормальных и опухолевых клетках человека при действии фотонов, протонов и ускоренных ионов азота.

Исследовать методом mFISH генетическую стабильность нейральных стволовых клеток мыши в культуре в зависимости от их происхождения и длительности культивирования.

Исследовать методом mFISH биологическую эффективность и индуцируемый спектр хромосомных аберраций при действии мягкого рентгеновского излучения.

Продолжить исследование нарушений долговременной памяти и обучаемости крыс в тесте Морриса и Т-лабиринте при тотальном облучении животных.

Исследовать морфологические изменения в ЦНС и тонком кишечнике крыс при тотальном облучении протонами в отдаленный период.

Разработать методику оценки изменений регенеративной способности кишечных крипт при применении радиомодификаторов.

Продолжить изучение поведенческих реакций, сигналов электроэнцефалографии и морфологических изменений у крыс после локального рентгеновского облучения головного мозга на установке SARRP.

Провести адаптацию экспериментальной модели меланомы B16 *in vivo* и оптимизацию параметров конформной лучевой терапии с применением радиомодификаторов на установке SARRP.

Оценить эффективность радиопротекторов на моделях мелких лабораторных животных.

Исследовать цитотоксичность, степень накопления и локализацию в клетках протопорфирина IX и комплекса протопорфирин IX с гадолинием на клеточных линиях карциномы молочной железы человека (Cal-51, MDA-468, MDA- 231) и колоректального рака (HCT-116) и оценить их выживаемость при действии рентгеновского излучения.

2. Радиационно-биофизические и астробиологические исследования

Чижов А.В.
Розанов А.Ю.

Набор данных
Реализация
Моделирование

ЛРБ Аксенова С.В., Афанасьева А.Н., Батова А.С., Бескровная Л.Г., Бугай А.Н., 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., Колесникова И.А., Красавин Е.А., Лесовая Е.Н., Ломакин Н.В., Лхагваа Б., Мунхбаатар Б., Нгуен Тхи Тхань Хуен, Павлик Е.Е., Панина М.С., Пархоменко А.Ю., Рюмин А.К., Садыкова О.Г., Сапрыкин Е.А., Северюхин Ю.С., Столяров А.В., Тудэвдорж Т., Тюпикова Т.В., Устинов Н.В., Утина Д.И., Храмко Т.С., Чаусов В.Н.

ЛЯР Камински Г., Митрофанов С.В., Павлов Л.А., Тетерев Ю.Г., Тимошенко К.Д.

ЛНФ Зиньковская И., Кучерка Н., Пятаев В.Г., 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., Сотенский 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:
Разработать математическую модель формирования и кинетики репарации кластерных повреждений ДНК с учетом фазы клеточного цикла при действии тяжелых заряженных частиц различных энергий на нормальные и опухолевые клетки млекопитающих.

Разработать математическую модель динамики популяции опухолевых клеток при действии ионизирующих излучений в сочетании с ингибиторами синтеза ДНК.

Разработать математические модели оксидативных повреждений клеточных мембран и органелл при действии ионизирующих излучений.

Разработать математические модели выживаемости и динамики популяции стволовых клеток в нормальных и опухолевых тканях при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками.

Разработать математическую модель индукции хромосомных аберраций в клетках млекопитающих и человека при действии ионизирующих излучений с различными характеристиками.

Исследовать накопление в структурах клетки и стабильности молекул перспективных радиомодификаторов, контрастных агентов и препаратов для нейтрон-захватной терапии методами молекулярной динамики.

Применить алгоритмы компьютерного зрения для обработки биологических данных в гистологии и поведенческих экспериментах.

Актуализировать и ввести в практику методические указания по организации и проведению радиобиологических экспериментов с использованием облучательных установок ЛРБ.

Продолжить разработку программных комплексов для совершенствования расчетных методов определения физических характеристик поля излучения и прецизионной дозиметрии для радиобиологических экспериментов ЛРБ.

Продолжить работы в области совершенствования методик рентгеновской томографии и планирования конформного облучения мелких лабораторных животных с учетом минимизации негативного воздействия на органы на установке SARRP.

Обеспечить работоспособность действующей установки Геном-2М, провести компоновку, монтаж и тестирование установки Геном-3 на прикладных пучках циклотрона У400М.

Принять участие в моделировании и исследовании радиационных полей при работе станций прикладных исследований (ИСКРА, СИМБО) в Измерительном павильоне комплекса NICA, на ускорителе MSC-230 и на установке ИРЕН в составе рабочих групп (ЛФВЭ, ЛЯП, ЛНФ, ОРБ).

Продолжить работы по расчетам и созданию модели нового нейтронного дозиметра на основе гелиевого и борного счетчиков широкого диапазона энергий.

Исследовать процессы фоссилизации микроорганизмов.

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

Провести эксперимент по синтезу пребиотических соединений в космических условиях (участие в программе БИОН).

Активности темы:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации Статус
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
1. Подготовка специалистов по радиационной безопасности и радиобиологии	**Красавин Е.А.** **Бугай А.Н.**	2024-2026 Реализация

ЛРБ Бескровная Л.Г., Борейко А.В., Буденная Н.Н., Душанов Э.Б., Енягина И.М., Кошлань И.В., Лесовая Е.Н., Лобачевский П.Н., Северюхин Ю.В., Чаусов В.Н., Чижов А.В.

Сотрудничество по теме:

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

		ФМБЦ	Совместные работы	Осипов А.Н.
			Соглашение	Кодина Г.Е.
		ФЦМН ФМБА	Совместные работы	Белоусов В.В.
	Москва, Троицк	ИСАН	Совместные работы	Наумов А.В.
	Новосибирск	ИК СО РАН	Совместные работы	Снытников В.Н.
	Обнинск	МРНЦ	Соглашение	Замулаева И.А.
				Хвостунов И.К.
	Пущино	ИФХиБПП РАН	Совместные работы	Ривкина Е.М.
	Сочи	НИИ МП	Совместные работы	Клоц И.Н.
	Челябинск	ЮУрГУ	Соглашение	Соколинский Л.Б.
Сербия	Белград	IBISS	Совместные работы	Попов А.
		INS "VINCA"	Совместные работы	Аджич П. + 9 чел.
		IORS	Соглашение	Станойкович Т.
		Ун-т	Совместные работы	Деспотович С.
	Крагуевац	UniKg	Совместные работы	Маркович З.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Балентова С.
Узбекистан	Паркент	ИМ	Совместные работы	Раззоков Дж.
	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Кулабдуллаев Г.А. + 3 чел.
ЮАР	Беллвилл	UWC	Совместные работы	Фишер Ф.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Фишер Р.

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., Рзянина А.В., Тарасов К.А., Юриковская Т.О., 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.

Ожидаемые результаты проекту в текущем году:
Оценка индуцированной радиорезистентности линий *D.melanogaster*, экспрессирующих *Dsup* под контролем промотора гена металлотионеина, и оценка изменения уровня транскрипции таргетных генов в случае индукции промотора разными концентрациями соединений меди и воздействия выоких доз радиации (500-1000 Гр).

Определение структурных характеристик комплекса Dsup-ДНК и определение константы диссоциации Dsup-ДНК методами криоэлектронной микроскопии и MCT (microscale thermophoresis).

Активности темы:

Наименование активности Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководитель	Сроки реализации Статус
1. Молекулярная генетика радиационно-индуцированных изменений гена и генома Drosophila melanogster. РАДИОГЕН	**Афанасьева К.П.**	2024-2025 Реализация

ЛЯП Александров И.Д., Александрова М.В., Кораблинова С.В., Коровина Л.Н., Солодилова О.П., Харченко Н.Е.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Современные представления о *de novo* генетических изменениях у потомков облученных родителей основаны, главным образом, на данных классической радиационной генетики *Drosophila* и мыши, характеризующих частоту наследуемых локус-специфических мутаций в гаметах родителей после действия редко-иоиизирующего излучения. Именно эти данные стали научной основой для первых оценок генетической опасности (риска) редкоионизирующего излучения в индукции таких мутаций. Однако вопрос о характере и частоте изменений ДНК у таких мутаций оставался неизвестным. Первый молекулярный анализ радиационных мутаций одного из изучаемых генов *black* методами ПЦР и секвенирования по Сенгеру выявил целый спектр изменений ДНК, который оказался высоко специфичным для γ-излучения и нейтронов. Полученные результаты позволили впервые для γ-излучения оценить его опасность (риск) на молекулярном уровне при индукции замен оснований ДНК, которые являются, как известно, мутационной основой целого ряда генетических болезней человека. Дальнейшие исследования в этом направлении позволят выявить общие закономерности и геноспецифические особенности радиационного мутагенеза в генеративных клетках *D. melanogaster* после действия качественно разных видов радиации. Однако, наследуемые генные мутации являются лишь одной из составных частей в сложном спектре генетических изменений, индуцируемых в генеративных клетках и не дают полного представления о характере и масштабе *de novo* генетических изменений, получаемых потомками от облученных родителей.

Наблюдаемый прогресс в ДНК- и IT-технологиях впервые открывает возможность изучить генетические последствия у потомков облученных родителей на уровне ДНК всего генома. Исследования в области радиационной геномики являются новыми и результаты первых исследований на мышах, показали, что острое рентгеновское облучение (3Гр, LD_{50}) в несколько раз повышает частоту наследуемых структурных изменений ДНК генома, типа крупных делеций, дупликаций (Copy number variants – CNVs), а также более мелких инсерций и делеций (indels). Поскольку, данные, полученные в системе *Drosophila*-мышь, являются определяющими для экстраполяции на человека, геномные исследования на D. melanogaster приобретают особую актуальность.

Уже первые результаты нашего пилотного эксперимента на дрозофиле по полногеномному секвенированию и частичному биоинформатическому анализу показали, что практически все из 9 изученных потомков γ-облученных самцов (40 Гр) имели скрыто наследуемые (рецессивные) множественные структурные изменения ДНК разного типа (делеции разной величины, дупликации, инверсии и др.). Завершение уже начатых исследований является одной из главных целей НИР на 2025 в рамках активности «Радиоген».

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Завершение информатического анализа результатов полногеномного секвенирования потомков самцов-родителей дрозофилы, облученных γ-излучением в дозе 40 Гр.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Завершение информатического анализа результатов полногеномного секвенирования (WGS) потомков γ-облученных самцов-родителей *D. melanogaster*.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Египет	Асуан	Ун-т	Совместные работы	Хайри Нади
	Нью-Борг-эль-Араб	GEBRI	Совместные работы	Ельноамани Ф.
Молдова	Кишинев	ИМБ АНМ	Совместные работы	Чепой Л.Е.
Россия	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Рижиков Ю.Л.
	Москва	МГУ	Совместные работы	Ширшин Е.А.
США	Тампа	USF	Совместные работы	Уверский В.Н.

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, Грузия, Египет, Италия, Казахстан, Китай, Мексика, Монголия, Россия, Сербия, Словакия, США, Узбекистан, Франция, ЦЕРН, ЮАР.

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.

Также в рамках темы предполагается развитие работ по квантовому интеллектуальному управлению технологическими процессами и физическими установками в ОИЯИ и квантовым вычислениям 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 и программное обеспечение для моделирования, 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., Баранов Д.А., Бежанян Т.Ж., Буша Я., Гнатич С., Григорян О.А., Дереновская О.Ю., Дидоренко А.В., Дикусар Н.Д., Злоказов В.Б., Зуев М.И., Иванов В.В., Кадочников И.С., Казаков А.А., Кодолова О.Л., Корсаков Ю.В., Костенко Б.Ф., Минеев М.А., Мусульманбеков Ж.Ж., Нечаевский А.В., Никитенко А.Н., Никонов Э.Г., Олейник Д.А., Ососков Г.А., Пальчик В.В., Папоян В.В., Пелеванюк И.С., Петросян А.Ш., Подгайный Д.В., Пряхина Д.И., Сактаганов Н., Сатышев И., Слепнев С.К., Слижевский К.В., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Стрельцова О.И., Тухлиев З.К., Чижов К.А., Ужинский А.В., Ужинский В.В., Хабаев З.К., Шадмехри С.А., Шарипов З.А., Яковлев А.В.

ЛФВЭ Алексахин В.Ю., Апарин А.А., Беспалов Ю.В., Будковский Д.В., Бычков А.В., Габдрахманов И.Р., Галоян А.С., Герценбергер К.В., Головатюк В.М., Дряблов Д.К., Жижин И.А., Жежер В.Н., 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., Денисенко И.И., Дик В., Елжов Т.В., Гринюк А.А., Гуськов А.В., Жемчугов А.С., Звездов Д.Ю., Крылов В.А., Курбатов В.С., Наумов Д.В., Пан А.Е., Сиренко А.Э., Сороковиков М.Н., Храмов Е.В., Шайбонов Б.А., Шолтан Е.

ЛРБ Колесникова И.А., Северюхин Ю.С., Утина Д.М.

УНЦ Верхеев А. Ю., Каманин Д.В., Юлдашев Б.С.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект направлен на организацию и обеспечение вычислительной поддержки подготовки и реализации физической программы исследований, проводимых с участием ОИЯИ, разработку и развитие математических методов и программного обеспечения для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа данных экспериментов в области физики элементарных частиц, ядерной физики, физики нейтрино, радиобиологии и др. Особое внимание будет уделено созданию систем распределенной обработки и анализа данных экспериментов и информационно-вычислительных платформ поддержки исследований, проводимых в ОИЯИ и других исследовательских центрах.

Основные направления работы – математическая и вычислительная физика для поддержки крупных инфраструктурных проектов ОИЯИ, среди которых, в первую очередь, флагманский проект ОИЯИ NICA в режиме работы на фиксированной мишени (BM@N) и в режиме коллайдера для столкновений релятивистских тяжелых ионов (MPD) и на поляризованных пучках (SPD), нейтринный телескоп Baikal-GVD. Также будет продолжено сотрудничество с экспериментами в мировых ускорительных центрах (ЦЕРН, BNL и пр.), экспериментами в области физики нейтрино и астрофизических экспериментах, программами радиобиологических исследований. Рассматривается возможность применения разрабатываемых методик и алгоритмов в рамках других проектов мегасайенс (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, проведение численных экспериментов по рождению гиперядер.

Физический анализ данных, полученных в экспериментах NICA MPD, NICA BM@N и NA61/SHINE, в рамках модели Geant4 FTF.

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.

Математическое моделирование рождения и идентификации нерезонансных дибарионов на установке NICA SPD.

Математическое моделирование событий выбивания пар высокоимпульсных нуклонов из атомных ядер ускоренными частицами. Подготовка наброска экспериментального предложения для установки NICA.

Оценка сечений процессов рождения частиц темной материи и новых скаляров в рамках расширенной двухдублетной хиггсовской модели (2HDM+a/S, генератор MadGraph) в канале рождения пары мюонов/b-кварков и недостающей энергии, проведение соответствующего моделирования и анализа данных при условиях RUN2/3 LHC.

Оценка сечений процессов рождения частиц темной материи и новых скаляров в рамках Inert Doublet Model в конечном состоянии с двумя мюонами и недостающей энергией, проведение соответствующего моделирования и анализа данных при условиях RUN2/3 LHC.

Отладка процедуры тестирования чувствительных элементов калориметра высокой гранулярности эксперимента CMS, включая реконструкцию треков и оценку эффективности каждой ячейки детектора.

Разработка и отладка алгоритмов и методов реконструкции траекторий мюонов в катодно-стриповых камерах (КСК) мюонной системы эксперимента CMS для сравнения непрерывного и дискретного подходов вейвлет-анализа для разделения перекрывающихся сигналов, 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.

Разработка моделей машинного обучения и подходов их применения к идентификации частиц в BM@N на основе выборки, сбалансированной по типам классифицируемых частиц.

Нахождение поправочных параметров в координатном и угловом пространстве для геометрии детекторов STS и GEM эксперимента BM@N, разработка и программная реализация методов моделирования и обработки данных, а также их развитие и адаптация для актуальных конфигураций ряда трекинговых детекторов GEM и Silicon Profilometer в 2024-2025 годах.

Внесение юстировочных поправок в геометрические модели микростриповых трековых детекторов FSD, GEM и CSC эксперимента BM@N, полученных в результате анализа восстановленных траекторий заряженных частиц на основе данных первого физического сеанса. Разработка и программная реализация методов моделирования и обработки данных для плоскости вершинного кремниевого детектора VSP для предстоящих сеансов эксперимента.

Переход от глобального классификатора, идентифицирующего частицы в MPD на полном диапазоне импульсов, к локальным классификаторам, основанным на градиентном бустинге и работающим в заданном диапазоне импульса с целью повышения эффективности распознавания частиц.

Модернизация программного комплекса эксперимента MPD для повышения точности и скорости реконструкции событий с помощью внедрения трекера ACTS в программную оболочку MPDroot. Интеграция последних версий внешних зависимостей в оболочку MPDRoot (ACTS, FairRoot, GEANT4, ROOT). Переход системы сборки на Alma Linux 9.5.

Оптимизация кодов программ реконструкции траекторий заряженных частиц в трековой системе эксперимента SPD для ускорения процедуры офлайн обработки события.

Применение графовых нейронных сетей для распознавания траекторий заряженных частиц в эксперименте MPD.

Исследование свойств алгоритмов реконструкции струй/кластеров адронов в условиях SPD. Оценка сечений процесса прямого рождения фотона в кварк-глюонном рассеянии.

Реализация модели обработки и хранения моделированных данных эксперимента SPD, актуальной на 2025-2026 год, на основе ранее созданного прототипа распределенной системы массовой обработки данных и нового прикладного ПО, созданного на программной платформе Gaudi.

Функциональное тестирование и отладка компонентов и интерфейсов между компонентами системы, обеспечивающей многоступенчатую обработку данных на кластере фильтрации событий в режиме реального времени 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.

Адаптация программного кода реконструкции каскадов высоких энергий к быстрой системе обработки данных Baikal-GVD.

Разработка программ обработки данных для комплекса детекторов рассеяния, включая позиционно-чувствительный детектор прямого пучка.

Модернизация системы ATLAS CREST под новую архитектуру с классами Dto, развитие сервиса EventIndexPicking для выполнения тестов R2R4 Milestone, модификация TDAQ Resource manager для использования в Run4. Развитие и поддержка эксплуатации информационных систем экспериментов BM@N, MPD для описания геометрии установок, конфигурации детекторов, процесса менеджмента. Участие в разработке онлайн системы DAQ MDT.

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

Моделирование разрешения детектора ОЛВЭ-HERO для упрощенной модели различных размеров.

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

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

Разработка веб-сервиса для автоматизации анализа данных, получаемых с использованием тест-системы «Водный лабиринт Морриса» в экспериментах, направленных на изучение поведенческих реакций лабораторных животных, подверженных воздействию различных факторов.

Исследования в области повышения точности моделей классификации болезней растений по фотографиям. Оценка влияния различных политик аугментации данных и механизмов внимания (attention mechanism) на показатели моделей.

Исследования в области прогнозирования загрязнения почв с использованием данных дистанционного зондирования земли и различных методов машинного обучения. Улучшение существующего функционала и предоставление новых возможностей для контроля и прогнозирования состояния окружающей среды.

Разработка алгоритма восстановления энергетического спектра нейтронов по результатам измерений спектрометром Боннера.

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., И.В., Бадреева Д.Р., Барашенков И.В., Башашин М.Б., Боголюбская А.А., Бордаг Л., Буракова А.Д., 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., 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., Назмитдинов Р.Г, 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., Киян И.Н., Попов Е.П.

ЛФВЭ Бычков А.В., Ходжибагиян Г.Г.

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:
Численное исследование реакций глубокого подбарьерного синтеза и квазиупругого рассеяния тяжелых ядер в рамках метода связанных каналов с оптическими потенциалами. Разработка алгоритмов и программ для вычисления в рамках геометрических коллективных моделей характеристик тяжелых ядер, включая ядро урана-238 с двухъямным потенциалом.

Разработка методов моделирования химических связей и реакций с участием тяжелых и сверхтяжелых элементов с целью интерпретации результатов термохроматографических экспериментов, проводимых в ЛЯР.

Исследование равновесных свойств и неравновесной динамики сложных статистических систем, включая атомные ловушки и гетерогенные нейронные сети, на основе оптимизированной теории возмущений.

Модификация метода и комплекса программ моделирования ядерных реакций в транспортно-статистическом подходе. Расчет физических характеристик процессов передачи и фрагментации в реакциях тяжелых ионов.

Исследование влияния ядерной среды на процессы упругого и неупругого взаимодействия протонов с ядрами в

широком диапазоне энергий. Анализ наблюдаемых характеристик в реакциях различного типа с участием легких экзотических ядер.

Моделирование сложных процессов в материалах, облучаемых пучками тяжелых ионов, на основе комбинированного применения методов молекулярной динамики и механики сплошных сред. Развитие методов оценки распределения энергетических потерь облучающими частицами в таких процессах.

Моделирование сложных процессов в сверхпроводящих структурах различного типа. Разработка методов высокопроизводительных вычислений физических наблюдаемых в широком диапазоне параметров моделей джозефсоновских переходов. Разработка и программная реализация вычислительной схемы для моделирования динамики кольцевой системы параллельных j0-переходов. Исследование межвихревого взаимодействия в интертипных сверхпроводниках с примесями.

Разработка программного модуля аналитических вычислений с использованием Python-библиотек, позволяющего автоматизировать представление уравнений для численного моделирования цепочки наномагнитов, связанных с джозефсоновским переходом, с учетом различных типов взаимодействия между элементами.

Моделирование сложных процессов в физико-химических системах различного типа. Развитие методов высокопроизводительного численного исследования структуры и свойств везикулярных систем различного типа. Исследование методами молекулярной динамики взаимодействия бета-амилоидных пептидов с фосфолипидными мембранами в везикулярных, бицеллоподобных и бислойных структурах с целью изучения влияния заряда пептида и липида, а также состава липидов на это взаимодействие в различных термодинамических фазах липида. Получение на этой основе новой информации о структурных и динамических свойствах фосфолипидных мембран.

Численное исследование локализованных структур в системах, описываемых нелинейными динамическими уравнениями, включая периодические решения (осциллоны) в одно- и трехмерных моделях теории поля.

Разработка методов и программ для моделирования формирования магнитных полей изохронных циклотронов при различных режимах работы. Развитие методов конечных и граничных элементов в среде COMSOL для оптимизации расчётов электромагнитных и тепловых процессов сложных физических систем.

Разработка методов моделирования матричных элементов объемных интегральных уравнений магнитостатики. Проведение расчетов по оптимизации характеристик сверхпроводящих магнитов на основе трехмерного компьютерного моделирования.

Развитие эффективных методов решения уравнений, описывающих модели физических полей и режимы работы экспериментальных установок. Разработка высокопроизводительных методов численного решения эллиптических задач. Развитие и исследование свойств вычислительной схемы на основе квадратизации по Аппельроту и разностной схемы Кагана для численного интегрирования динамических систем с полиномиальной правой частью.

Исследование системы Эйнштейна-Максвелла-Дирака в рамках астрофизического и космологического гравитационного поля. Исследование свойств сверхпроводимости сильновзаимодействующей ядерной материи в недрах нейтронных звезд на основе автоматизированного отбора моделей охлаждения этих звезд. Введение критерия оценки адекватности моделей по соответствию наблюдаемым данным поверхностной температуры и возраста звезд.

Развитие моделей с нелокальным взаимодействием для описания спектра псевдоскалярных и векторных мезонов; вычисление на этой основе спектра масс, констант взаимодействия и других характеристик. Описание процессов рождения и диссоциации тяжелых кваркониев.

Разработка и усовершенствование алгоритма для моделирования трекинга частиц в рамках процессов, исследование которых планируется на установке NICA (SPD). Исследование применимости Бьёркеновской модели к выживаемости J/ψ частиц в среде, образованной соударением тяжелых ионов при условиях NICA.

Разработка конструктивных методов описания составных конечномерных квантовых систем в рамках формализма Вейля – Швингера с использованием компьютерной алгебры и вычислительной теории групп.

Получение и применение функциональных соотношений для редукции многопетлевых Фейнмановских интегралов.

Разработка и реализация на квантовом полигоне МИВК квантовой схемы алгоритма QAOA для нахождения основного состояния модели Швингера с топологическим слагаемым.

Решение задачи оптимизации работы однокубитных вентилей под воздействием управляющего радиочастотного поля.

Сравнительный анализ квазивероятностных распределений в элементарных и составных конечномерных квантовых системах.

Вычисление корреляции запутанность – положительность функции Вигнера для кудитов.

Активности темы:

Наименование активности Лаборатория Ответственные от лаборатории	Руководители	Сроки реализации Статус
1. Квантовое интеллектуальное управление технологическими процессами и физическими установками в ОИЯИ и квантовые вычисления в квантовой химии и физике	**Зрелов П.В.** **Ульянов С.В.**	2024-2026 Реализация

ЛИТ Баранов Д.А., Зрелова Д.П., Иванцова О.В., Катулин М.С., Кузнецов Е.А., Решетников А.Г., Рябов А.Р., Рябов Н.В., Сюракшина Л.А.

ЛФВЭ Беспалов Ю.Г., Бровко О.И., Никифоров Д.Н., Решетников Г.П.

ЛТФ Юшанхай В.Ю.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Основной изучаемой проблемой данной активности является разработка и эффективное использование технологий интеллектуальных вычислений и квантовой самоорганизации неточных знаний в задачах робастного управления с целью повышения надежности функционирования физических установок. Решение задач основано на возможности повышения робастности существующих систем управления за счёт встраиваемых баз знаний. Самоорганизующиеся системы управления проектируются и поддерживаются разрабатываемым в проекте программным инструментарием на основе платформы, объединяющей мягкие вычисления и квантовые оптимизаторы баз знаний. Будет проведена разработка встраиваемых самоорганизующихся регуляторов для систем интеллектуального управления технологическими процессами, устройствами и установками ОИЯИ (в том числе для случаев непредвиденных и непредсказуемых ситуаций) и задач интеллектуальной когнитивной робототехники.

Исследование эффективности квантовых алгоритмов направлено на решение задач квантовой химии и физики новых функциональных материалов. Применение известных квантовых алгоритмов и их развитие будет осуществляться на симуляторах с классической вычислительной архитектурой. Предусматривается создание программного продукта для вычисления электронной и магнитной структур молекулярных комплексов и кристаллических фрагментов новых функциональных материалов с использованием квантовых симуляторах на классических вычислительных архитектурах.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Создание прототипа квантового нечеткого ПИД – регулятора и демонстрационного образца робота с встроенным прототипом регулятора.

Создание прототипа интеллектуальной системы управления криогенными системами для сверхпроводящих магнитов ускорительного комплекса НИКА на основе квантового нечеткого ПИД – регулятора. Подготовка патента.

Методология построения и структура интеллектуальной системы управления ВЧ -станцией.

Проверка эффективности квантовых алгоритмов вариационного типа, реализованных на квантовых симуляторах классической архитектуры посредством их применения к количественному описанию диссоциации простых молекул, а также электронной и спиновой структуры основного состояния типичных решеточных моделей квантовой теории.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Разработка платформонезависимой программной библиотеки квантового симулятора для выполнения алгоритма квантового нечёткого вывода в режиме реального времени на компьютере с классической архитектурой применительно к задаче построения системы управления охлаждения азотом плеча бустера ускорительного комплекса NICA.

Разработка алгоритма обучения с подкреплением квантовой нечёткой нейронной сети с демонстрацией на автономном роботе на робототехническом полигоне.

Разработка алгоритмов формирования маршрута и обхода препятствий на основе квантового машинного обучения для мобильной роботизированной платформы.

В рамках задачи управления многоконтурными системами будет разработан метод квантового интеллектуального координационного управления на основе квантового нечеткого вывода в системе управления охлаждением сверхпроводящих магнитов.

В рамках исследования многокубитных скрытых корреляций в самоорганизующихся системах управления будет разработана структура симулятора баз знаний квантового координационного регулятора в системе управления охлаждения азотом СП-магнита на классическом компьютере для 30 входных кубитов.

В рамках построения методологии дистанционной настройки и обмена знаниями для интеллектуальной системы управления будут разработаны протоколы обмена базами знаний и дистанционной настройки регуляторов в среде TANGO Control системы управления охлаждения азотом бустера ускорительного комплекса NICA.

Автоматизация подготовки универсального вычислительного окружения для выполнения квантовых вычислений на различных архитектурах.

Исследование потенциала квантовых генеративно-состязательных сетей (QGAN) на примере задачи генерации синтезированных RGB-изображений.

В контексте материаловедения планируется вычислительное описание химических реакций на кристаллических поверхностях. С этой целью процесс моделирования адсорбции и реакции молекул на поверхностях будет реализован с использованием алгоритмов квантовых вычислений.

2.	**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 Верхеев А.Ю., Каманин Д.В.

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:
Проведение научно-исследовательских семинаров по информационным технологиям, в том числе для пользователей МИВК ОИЯИ и ЦЭС.

Подготовка и реализация образовательных программ, учебных курсов по информационным технологиям.

Информационная поддержка активности: создание и развитие сайта с размещением учебных материалов, результатов работы над проектами участников Школы по информационным технологиям.

Развитие компонент экосистемы для реализации образовательных программ.

Проведение Школ по информационным технологиям, учебных практик для студентов вузов РФ и стран-участниц ОИЯИ.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	ЕГУ	Соглашение	Тумасян А.
		ННЛА	Соглашение	Айрапетян А.
				Геворкян А.
				Тумасян А.
Беларусь	Гомель	ГГУ	Совместные работы	Андреев В.В.
				Максименко Н.В.
	Минск	ИМ НАНБ	Соглашение	Малютин В.Б. + 2 чел.
		ИФ НАНБ	Обмен визитами	Килин С.Я.
				Михалычев А.Б.
				Прокопеня Н.О.
			Совместные работы	Килин С.Я.
				Михалычев А.Б.
				Прокопеня Н.О.
		НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Ермак Д.В.
				Макаренко В.В.
				Мосолов В.А.
			Совместные работы	Ермак Д.В.
				Макаренко В.В.
				Мосолов В.А.
Болгария	София	SU	Совместные работы	Димитров В.
				Христов И.Г.
				Христова Р.Д.
			Соглашение	Младенов Д.
Великобритания	Оксфорд	Ун-т	Совместные работы	Галлас Э.
Грузия	Тбилиси	GTU	Совместные работы	Гиоргадзе Г.
		TSU	Совместные работы	Элашвили А.
		UG	Совместные работы	Гогилидзе С.
Египет	Гиза	CU	Совместные работы	Абдулмагеад И.
	Каир	ASRT	Соглашение	Эш М.
Италия	Генуя	INFN	Совместные работы	Барберис Д.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Буртебаев Н.Т.
				Сахиев С.К.
		НИИ ЭТФ КазНУ	Совместные работы	Еркинбаева Л.К.
	Астана	ЕНУ	Совместные работы	Курмангалиева Ж.Д.
Китай	Пекин	CIAE	Совместные работы	Пэйвэй Вэн
				Чэнцзянь Линь
Мексика	Мехико	UNAM	Совместные работы	Хесс П.О.
Монголия	Улан-Батор	IMDT MAS	Соглашение	Батгэрэл Б.
		MUST	Совместные работы	Улзийбаяр В.
Россия	Архангельск	САФУ	Соглашение	Гошев А.А.
	Владивосток	ДВФУ	Соглашение	Регузова А.В.

Владикавказ	СОГУ	Соглашение	Гутнова А.К. Нартиков А.Г. Огоев А.У.
Воронеж	ВГУ	Совместные работы	Кургалин С.Д.
Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Ким В. Кирьянов А.К.
Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Совместные работы	Деникин А.С. Кирпичева Е.Ю. Черемисина Е.Н.
	Филиал МГУ	Совместные работы	Боос Э.Э. Ольшевский А.Г.
Иркутск	ИГУ	Соглашение	Танаев А.Б.
Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Гаврилов В.Б.
	МГУ	Совместные работы	Смелянский Р.Л. Соколов И.А. Сухомлин В.А. Фомичев В.В.
	НИВЦ МГУ	Совместные работы	Воеводин В.В.
	НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Боос Э. Дудко Л.В. Лохтин И.П. Петрушанко С.В.
	НИУ ВШЭ	Соглашение	Ратников Ф.Д.
	НИЯУ "МИФИ"	Совместные работы	Артамонов А.А. Данилов М.В. Коротков М.Г. Тараненко А. Черкасский А.И.
	РНТОРЭС	Совместные работы	Егоров А.А.
	РУДН	Соглашение	Бронников К.А. Малых М.Д. Рыбаков Ю.П. Севастьянов Л.А.
	ФИАН	Совместные работы	Дремин И.М.
Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Гниненко С.Н.
Петропавловск-Камчатский	КамГУ	Соглашение	Исрапилов Д.И.
Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Петров В.А.
Пущино	ИМПБ РАН	Совместные работы	Лахно В.Д.
Самара	СамГУ	Совместные работы	Баскаков А.В. Салеев В.А.
Санкт-Петербург	СПбГУ	Совместные работы	Богданов А.В. Дегтярев А.Б. Зароченцев А.К. Щеголева Н.Л.
Саратов	СГУ	Совместные работы	Дербов В.Л.
Саров	Филиал МГУ	Совместные работы	Воеводин В.В.
Тверь	ТвГУ	Совместные работы	Цветков В.П. Цветков И.В. Чемарина Ю.В.
Томск	ТГУ	Совместные работы	Скорик Н.А.
	ТПУ	Соглашение	Лидер А.
Тула	ТулГУ	Совместные работы	Сычугов А.А. Французова Ю.В.

	Челябинск	ЮУрГУ	Совместные работы	Соколинский Л.Б.
Сербия	Белград	Ун-т	Совместные работы	Деспотович С. Хаджийойич М. Чосич М. Эрич К.
Словакия	Кошице	UPJS	Совместные работы	Вала М. Гнатич М.
США	Арлингтон	UTA	Совместные работы	Озтурк Н.
Узбекистан	Ташкент	АН РУз	Совместные работы	Мирзаев С.З.
Франция	Сакле	IRFU	Совместные работы	Формика А.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Совместные работы	Аволио Дж. Ван Левен М. Де Моншено Г. Мак-Брайд П. Рибон А. Рое Ш. Хеккер А.
ЮАР	Кейптаун	UCT	Совместные работы	Алексеева Н. Дика А.

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, Молдова, Россия, Узбекистан, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Получение научных и научно-технических результатов в области прикладных исследований по направлениям работ коллабораций 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	**Руководители проекта**	**Шифр проекта**
Лаборатория	Ответственные от лаборатории	**Статус**
1. ADSR Подкритический реактор с ускорительным приводом	**Тютюнников С.И.** **Параипан М.**	07-1-1107-1-2011/2027 Реализация
ЛФВЭ, ЛНФ, ЛРБ, ЛЯР, ЛТФ	см. участников активностей	

Краткая аннотация и научное обоснование:
Проект нацелен на определение оптимальной комбинации параметров пучка частиц и конвертора для оптимизации эффективности подкритического реактора, управляемого ускорителем. Запланированные исследования будут в двух направлениях: (1) сравнительное изучение распределения деления и энергии, выделяемой в мишени, облученной пучками протонов с энергией 0,2-2 ГэВ и пучками 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 с ускорительным приводом (ADSR). Он состоит из ускорителя частиц, соединенного с ядерным реактором.

Пучок частиц, падающий на конвертор, расположенный в центральной части реактора, реализует дополнительный источник нейтронов, позволяющий работать реактору в подкритическом режиме (с коэффициентом критичности keff ниже 0,99), обеспечивая более безопасную эксплуатацию атомных станций. Полученный более жесткий спектр нейтронов обеспечивает лучшее сжигание актинидов.

Несмотря на почти обобщенное мнение, что оптимальным пучком 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 предудущие 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 продления проекта в соответствии с заявленными целями.

Предлагаемая конструкция графитовой мишени «GAMMA4» с размещенными внутри твэлами и центральным отверстием для конверторов различных видов позволяет корректно сравнивать количество делений и выделяемую энергию, реализуемую с протонными и ионными пучками. 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:
Реализация технического проекта свинцовой мишени (блока размерами 110x110x150 см, с центральным отверстием для преобразователей и 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 коллабораций 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.** **Тютюнников С.И.**	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., Родригес А., Садыгов З., Себаллос С., Сливин А.А., Синельщикова С.Е., Смирнов Г.И., Сыресин Е.М., Шаляпин В.Н.

ЛЯП Агапов А.В., Белокопытова К.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 2025 году ожидается запуск комплекса NICA и проведение сеансов по работе на основных установках комплекса. 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, науках 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 2025 году запланированных 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 осуществить постановку высокочувствительных методов детекции радиационно-индуцированных биологических повреждений на молекулярном и клеточном уровне. 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 первый 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., Белокопытова К.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:
Реализовать второй этап оснащения стенда для длительного облучения в зоне установки BM@N.

Выполнить первый 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 показатели интенсивности и профиля пучка для различных видов образцов, исследуемых в экспериментах ARIADNA.

Разработать и провести испытания детекторной системы для прикладных исследований в зоне установки BM@N.

Разработать и 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 острастки для проведения измерений с использованием образцов разных типов.

Создание базы данных гамма-спектров по всем экспериментам ARIADNA.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Обновление программного обеспечения детекторов; обновление источников питания, резервных источников питания и ЦСУ детекторов.

Проведение рутинных изменений гамма-спектров по прикладным исследованиям на комплексе NICA в сеансах 2025 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.

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 парктическим аспектов данной активности является получение 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.

Расчет радиационных полей в зонах установок для прикладных исследований с учетом размещения дополнительного пользовательского оборудования.

Моделирование взаимодействия пучков ускоренных ионов с материалами в запланированных на 2025 год сеансах на комплексе NICA.

5. Исследования влияния облучения на сверхпроводящие свойства ВТСП лент 2-го поколения. Разработка магнитных и криогенных ВТСП-систем для экспериментальных установок	**Новиков М.С.** **Тютюнников С.И.**	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.

Получение 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 коллабораций ARIADNA

Белов О.В.

2024-2026

Реализация

ЛФВЭ Тютюнников С.И., 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 20 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:
Запуск 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:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	CANDLE	Совместные работы	Григорян Б.А. + 2 чел.
		ЕГУ	Совместные работы	Балабекян А.Р. + 2 чел.
			Соглашение	Арутюнян Р.М.
		ННЛА	Соглашение	Арутюнян В.
Беларусь	Минск	БГУ	Обмен визитами	Свито И.А. + 2 чел.
			Совместные работы	Свито И.А. + 2 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Федотов А.К. + 4 чел.
				Федотова Ю.А.
			Совместные работы	Федотов А.К. + 4 чел.
				Федотова Ю.А.
		ОИЭЯИ-Сосны НАНБ	Обмен визитами	Гусак К. + 3 чел.
			Совместные работы	Гусак К. + 3 чел.
Болгария	Пловдив	MUP	Совместные работы	Зайцева Е.М.
Мексика	Мехико	INCan	Совместные работы	Сойосо-Дюпонт И.
Молдова	Кишинев	МолдГУ	Соглашение	Еленчук Д.
Россия	Владикавказ	СОГУ	Соглашение	Пухаева Н.Е. + 2 чел.
	Долгопрудный	МФТИ	Соглашение	Кузьмин Д.В.
				Леонов С.В.
				Пустовалова М.В.
				Рогачев А.В.
	Дубна	ИПИ "Омега"	Соглашение	Лузанов В.А.
		ИФТП	Соглашение	Смирнов А.А. + 4 чел.
		Филиал МГУ	Совместные работы	Тетерева Т.В.

	Москва	"Квант-Р"	Соглашение	Слесаренко В.В.
		ИМБП РАН	Совместные работы	Иванова О.А.
			Соглашение	Иванов А.А. + 2 чел.
				Перевезенцев А.А.
				Штебмерг А.С. + 5 чел.
				Шуршаков В.А.
		ИОНХ РАН	Соглашение	Баранчиков А.Е.
				Горбунова Ю.Г.
				Жижин К.Ю.
				Иванов В.К.
		ИТЭФ	Соглашение	Кулевой Т.В.
				Титаренко Ю.Е.
		НИИЯФ МГУ	Соглашение	Подорожный Д.М.
		НИЯУ "МИФИ"	Соглашение	Покровский С.В.
		ОИВТ РАН	Соглашение	Дегтяренко П.Н.
		РУДН	Обмен визитами	Атяшкин Д.А.
		ФИЦ ХФ РАН	Соглашение	Ларичев М.Н.
				Смолянский А.С.
				Трахтенберг Л.И.
		ФМБЦ	Соглашение	Бушманов А.Ю.
				Осипов А.Н. + 1 чел.
	Обнинск	МРНЦ	Совместные работы	Сабуров В.О.
	Пущино	ИТЭБ РАН	Соглашение	Попов А.Л.
				Попова Н.Р.
				Селезнева И.И.
				Сорокина С.С.
	Санкт-Петербург	СПбГУ	Соглашение	Жеребчевский В.И. + 5 чел.
	Томск	ТПУ	Совместные работы	Пивоваров Ю.Л. + 4 чел.
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Артемов С.В.
				Ибрагимов Э.
				Кулабдуллаев Г.А. + 3 чел.
ЮАР	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Вандевурд Ш. + 3 чел.
	Стелленбос	SU	Совместные работы	Ньюман Р.

07-5-1131-2017

Радиационное материаловедение, нанотехнологические и биомедицинские исследования с пучками тяжелых ионов

Руководители темы: Дмитриев С.Н.
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., Иванов О.М., 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 микроструктуры трековых областей в наночастицах TiO2, Cr2O3, CeO2, AlN, облученных тяжелыми ионами высоких энергий, методами просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения.

Изучение роли структурного состояния аустенитной стали, однородно ионно-легированной гелием, в зарождении в ней газовой пористости.

Структурные исследования и микромеханические испытания высокоэнтропийного сплава Fe-Cr-Ni-Co, облученного высокоэнергетическими тяжелыми ионами ксенона и висмута.

Численное моделирование структурных эффектов быстрых тяжелых ионов в массивных образцах, тонких пленках и нанокластерах оксида церия методами молекулярной динамики и Монте-Карло.

2. Нанокомпозитные и функциональные трековые мембраны

Апель П.Ю.
Заместитель:
Нечаев А.Н.

Реализация

ЛЯР Аксенов Н.В., Алтынов В.А., Андреев Е.В., Арно Руссоу, Блонская И.В., Виноградов И.И., Волнухина Г. Н., Густова М.В., Дрожжин Н.А., Дукач И.В., Иванов О.М., Кравец Л.И., Криставчук О.В., Кувайцева М.А., Кузьмина Н.Г., Лизунов Н.Е., Люндуп А.В., Маркин А.А., Митрофанов С.В., Митюхин С.А., Молоканова Л.Г., Мурашко Д.А., Мятлева И.Ф., Нестерова Е.Б., Никольская Д.В., Орелович О.Л., Пинаева У.В., Полежаева О.А., Рагимова Р.К., Серпионов Г.В., Фадейкина И.Н., Филатова Е.Л., Шамшиддинова И.Н., Ширкова В.В., Щеголев Д.В.

ЛЯП Зарубин М.П., Кравченко Е.В.

ЛНФ Горшкова Ю.Е., Зиньковская И., Иваньшина О.Ю.

ЛРБ Кошлань И.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
Цель проекта состоит в разработке нанокомпозитных и функциональных трековых мембран (ТМ) для нанотехнологических, биомедицинских, сенсорных приложений, а также для новых мембранных сепарационных процессов. ТМ представляют собой пример промышленного приложения ионно-трековой технологии. Трековые мембраны имеют ряд существенных преимуществ перед обычными мембранами в силу их прецизионно заданной структуры. Размер пор в них, форма пор и плотность могут варьироваться контролируемым способом так, чтобы получить мембрану с заданными транспортными и задерживающими характеристиками. Современные тенденции в биологии, медицине, исследовании окружающей среды, получении «зеленой» энергии и других областях формулируют требования к мембранам с новыми специфическими функциями. Эти функции могут быть обеспечены заданием (регулировкой) геометрических, морфологических и химических свойств ТМ. Настоящий проект будет фокусирован на разработку различных функциональных трековых мембран, с использованием следующих подходов:
– задание нужной архитектуры пор;

– композитные структуры;

– гибридные структуры;

– направленная химическая и физическая модификация;

– выбор основного материала мембраны.

Особое внимание будет уделено биомедицинским применениям трековых мембран.

Основным результатом проекта будет создание научно-технических основ для разработки новых мембран, обладающих специфическими функциями. Будет исследована применимость разработанных мембран в практически важных мембранных сепарационных процессах, биомедицинских процедурах и аналитических задачах.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Функционализированные ТМ, полученные из облученных ионами полимерных пленок с использованием мягкого фотолиза и жидкостной экстракции продуктов деструкции из треков для электродиализа и электробаромембранного процесса:
– определение ионоселективных свойств мембран;

– исследование возможности разделения моно- и многовалентных ионов на нанопористых ТМ с использованием электродиализа и электро-баромембранного процесса.

Экспериментальная верификация возможности изготовления нанокомпозитных, функционализированных и гибридных ТМ:
– ТМ с асимметричными и модифицированными нанопорами для разделения рацемических смесей;

– микрофильтрационные ТМ с иммобилизованными белками для обнаружения «свободных» РНК и ДНК и их применения в биосенсорах;

– функционализированные нанопористые мембраны из поливинилиденфторида (ПВДФ) для селективного преконцентрирования токсичных металлов и их количественного определения;

– ТМ, функционализированные наночастицами серебра и биоактивными веществами, для создания бактерицидных и вирулицидных фильтрационных материалов;

– модифицированные ТМ с улучшенной клеточной адгезией для систем культивирования клеток;

– аффинные ультра- и микрофильтрационные ТМ для разделения экзосом;

– нанокомпозитные ТМ с иммобилизованными наноконьюгатами серебра и золота и аптамеров для диагностики вирусных заболеваний с помощью SERS и флуоресцентной спектроскопии;

– гибридные ТМ с поверхностными полимерными нановолоконными структурами и модифицированными селективными комплексными соединениями, лигандами и металлоорганическими каркасами для селективного удаления токсичных металлов из воды.

Данные об ионоселективных, электрокинетических и осмотических свойствах модифицированных нанопор, включая асимметричные, в зависимости от их геометрии и функциональных групп на поверхности.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследование процесса электродиализа бинарных смесей электролитов, включающих ион лития, на ионообменных мембранах, получаемых мягким фотолизом и жидкостной экстракцией продуктов радиолиза из облученных ионами пленок полиимида. Измерение селективности и производительности в сравнении с подобными мембранами из ПЭТФ.

Изучение процесса мембранной дистилляции на гибридной мембране, получаемой путем нанесения нановолокон фторполимеров на трековую мембрану из ПЭТФ – получение данных о производительности и селективности процесса.

Исследование процесса радиационной прививочной полимеризации мономеров 4-винилпиридина и N-винилимидазола в нанопорах ТМ из ПВДФ для предконцентрирования растворенной ртути в водных средах. Определение оптимальных условий проведения реакции, изучение физико-химических характеристик полученных мембран.

Создание установки баромембранного разделения культуральной среды мезенхимальных стволовых клеток человека, и разработка методов количественного определения экзосом в пермеате.

Получение плазмонных наночастиц золота и серебра стабилизированных циклодекстрином для технологии синхронной химиолучевой терапии рака.

Изучение адсорбции и десорбции модельных красителей на композитных трековых мембранах, модифицированных суперструктурами на основе металлорганической каркасной структуры никеля и триптофана для адресной доставки лекарств.

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., Иванов О.М., 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:
Функционализация трековых мембран слоем наночастиц серебра и золота с различной структурой с целью получения подложки, обладающей эффектом гигантского комбинационного рассеяния света, для дальнейшего использования в анализе АЧС с применением аптамеров.

Синтез аптамеров, включая тиолизированные аптамеры, на основе анализа генома АЧС.

Оценка генотоксических свойств аптамеров in vitro с использованием метода «комет».

Модификация трековых мембран аптамерами через функциональные группы на поверхности мембраны и через наночастицы золота и серебра. Изучение процессов образования комплексов аптамеров с экзосомами в растворе и на трековой мембране.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Австралия	Канберра	ANU	Совместные работы	Дутт С. Клус П.
Армения	Ереван	ЕГУ	Совместные работы	Арутюнян Р.М. Саргсян А. Харутюнян Т.
		ИМБ НАН РА	Совместные работы	Закарян Г.
		ИХФ НАН РА	Совместные работы	Камалян О.А.
Беларусь	Гомель	ГГУ	Обмен визитами	Рогачев А.В. + 4 чел.
			Совместные работы	Рогачев А.В. + 4 чел.
	Минск	БГУ	Обмен визитами	Казючиц Н.М. + 2 чел. Королик О.В. Тиванов М.С. Углов В.В. + 3 чел.
			Совместные работы	Казючиц Н.М. + 2 чел. Королик О.В. Тиванов М.С. Углов В.В. + 3 чел.
Вьетнам	Ханой	IMS VAST	Совместные работы	Тран Квок Тьен
Казахстан	Астана	АФ РГП ИЯФ	Совместные работы	Здоровец М.В.
		ЕНУ	Совместные работы	Акилбеков А.Т. + 4 чел.
		НУ	Совместные работы	Тихонов А.В.
Россия	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Леонов С.В.
	Иваново	ИГХТУ	Совместные работы	Горберг Б.Л.
	Краснодар	КубГУ	Совместные работы	Никоненко В.В. + 3 чел.
	Москва	ИНХС РАН	Совместные работы	Волков В.В.
		ИОНХ РАН	Совместные работы	Ярославцев А.Б. + 2 чел.
		ИСПМ РАН	Совместные работы	Гильман А.Б.
		ИТЭФ	Совместные работы	Рогожкин С.В.
		МГУ	Совместные работы	Завьялова Е.Г.
		МПГУ	Совместные работы	Бедин С.А. + 2 чел.
		НИИВС	Совместные работы	Поддубиков А.
		РНИМУ	Совместные работы	Румянцев С.В.
		РУДН	Совместные работы	Люндуп А.В.
		ФМБЦ	Совместные работы	Осипов А.Н. + 1 чел.
	Новосибирск	ИФП СО РАН	Совместные работы	Антонова И.В. + 2 чел.
	Черноголовка	ИФТТ РАН	Совместные работы	Кукушкин И.В. + 3 чел.
Сербия	Белград	INS "VINCA"	Совместные работы	Йованович З. Петрович С.
ЮАР	Беллвилл	UWC	Совместные работы	Петрик Л.
	Дурбан	UKZN	Совместные работы	Кхоза П.
	Порт-Элизабет	NMU	Совместные работы	Огунглая А. Оливер Я.
	Претория	TUT	Совместные работы	Мсиманга М.
		UNISA	Совместные работы	Ситхоле И.
		UP	Совместные работы	Нджороге Е. Номбона Н. Хлаттшвайо Т.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Нкози М.
	Стелленбос	SU	Совместные работы	Россоу А.
	Умтата	WSU	Совместные работы	Фалени И.

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 их последующего использование в экспериментальных установках. Площадками экспериментального тестирования станут основные установки ЛФВЭ в составе экспериментов: инжектор NICA, BM@N, MPD.

Активность:

Наименование активности	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
1. Создание линейки высоковольтных источников питания и коммутаторов напряжения для экспериментальных установок	**Понкин Д.О.**	2025–2027
ЛФВЭ Бутенко Е.А., Дзугаев М.Г., Малышев Н.А., Матюханов Е.С.		

Краткая аннотация и научное обоснование:
Планируется создание группы управляемых электронных модулей − высоковольтных источников питания и коммутаторов напряжений для широкого спектра технических задач. В основе R&D активности стоит использование накопленного опыта разработки, создания и внедрения высоковольтных источников питания для источников ионов КРИОН на инжекторе NICA. Будет создана линейка высоковольтных источников питания постоянного тока амплитудой 1/3/6/15 кВ положительной и отрицательной полярности с выходными токами от нескольких мкА до единиц мА. Предполагается создание высоковольтных модулей в разных конструктивных исполнениях с целью расширения спектра возможных областей использования: мини-модуль для внутренней установки в блоки, крейтовое исполнение для стойки-шкафа 19' (промышленное исполнение), настольный прибор для стендовой работы.

Ожидаемые результаты по завершении активности:
Созданная линейка высоковольтных модулей и проведение комплексных испытаний созданной аппаратуры в условиях эксперимента на работающих установках ОИЯИ и партнеров. Подтверждение технических характеристик созданных устройств в рабочих, производственных условиях, в научном эксперименте. Согласно основной программе испытаний. Техническая документация для всей линейки устройств. Утвержденная основная программа испытаний, протокол испытаний на установках партнёров.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:
Созданная линейка высоковольтных модулей:
– управляемый мини-модуль;

– настольный источник питания с дисплеем;

– блок промышленного исполнения в стойку 19’;

– высоковольтный коммутатор напряжения.

Также основным результатом активности в текущем году станет достижение целевых показателей Этапа 1
– 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	Руководитель	Сроки реализации
Лаборатория Ответственные от лаборатории		
1. Разработка систем измерения оксигенации глубоких тканей методом диффузионной оптики во временном домене (TD-DO)	**Селюнин А.С.**	2025–2028

ЛЯП Анфимов Н.В., Караташ 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:
Проведены исследования кремниевых фотоумножителей: изучены усиление, эффективность детектирования, временное разрешение и форма отклика. Выполнена подготовка лазеров с длиной волны 650–1000 нм и длительностью импульса 50–100 пс; достигнута стабильность и временное разрешение <100 пс. Разработан и верифицирован высокоскоростной ВЦП с временным разрешением <50 пс. Реализована логика обработки и представления временных спектров одиночных фотонов.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Россия	Москва	МГУ	Совместные работы	Суслова Е.В. Богомазов И.С. Устименко Д.К.

07-2-A003-2025/2027

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		
1.	**Разработка микро-ОФЭКТ систем для прецизионной визуализации в условиях модельных биологических экспериментов**	**Рожков В.А.**	2025–2028
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:
Разработана и протестирована микро-гамма-камера на базе детектора Timepix, позволяющая проводить планарное сканирование биообъектов с субмиллиметровым разрешением. Разработано программное для сбора и обработки данных.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Египет	Александрия	AU	Совместные работы	Кешк О.А.
Куба	Гавана	CEADEN	Совместные работы	Лосад Д.В.
Россия	Владивосток	ДВФУ	Совместные работы	Терновой Н.К.
	Москва	НИЯУ "МИФИ"	Совместные работы	До Хоанг Хиеп

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		
1.	**Тестирование нейротоксичности и оценка накопления контрастирующих агентов, наночастиц и иных соединений на животных моделях в формате TaaS**	**Зиньковская И.**	2025–2028
ЛНФ	Гроздов Д.С., Чалигава О., Юшин Н.С.		
ЛРБ	Северюхин Ю.С., Утина Д.М., Колесникова И.А., Голикова К.Н., 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 накопление 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 контрастирующих агентов на животных моделях в формате TaaS. Система будет включать в себя этапы оценки эффективности, метаболизма и токсичности препаратов.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Россия	Москва	МГУ НИИЯП БГУ	Совместные работы Соглашения	Шашурин Д.А. + 1 чел. Конаков А.О.+ 1 чел.

.

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		
1. Многофункциональная препаративная система тангенциальной фильтрации	**Виноградов И.И.**	2025–2028
ЛЯП Андреев Е.В., Дрожжин Н.А., Пинаева У.В.		

Краткая аннотация и научное обоснование:
Целью проекта 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 проекта 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, стирильных 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.

Модель и первичный прототип одноразового модуля тангенциальной фильтрации.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	**Город**	**Институт**	**Статус**	**Участники**
Россия	Москва	МГМУ	Совместные работы	Каралкин П.А.
		НМИЦ онкологии	Совместные работы	Невзоров Д.И.

.

Физика и техника ускорителей заряженных частиц (08)

08-2-1126-2015

Развитие научной инфраструктуры ЛЯП для проведения исследований с применением полупроводниковых детекторов, лазерной метрологии, электронов, позитронов и криогенной техники

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 LINAC-200.

Основными задачами исследований на линейном ускорителе электронов LINAC-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 «Проектирование и разработка испытательной зоны методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов ЛЯП» является создание на базе LINAC-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 монохроматических пучках позитронов (PAS)	Сидорин А.А. *Научный руководитель:* Мешков И.Н.	08-2-1126-3-2016/2028
4.	Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований	Шелков Г.А. *Заместители:* Рожков В.А. Терещенко В.В.	08-2-1126-4-2015/2028
5.	GDH&SPASCHARM	Усов Ю.А.	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., 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 дополнительного вывода пучка электронов при энергии 130 МэВ.

Измерение характеристик пучка электронов при энергиях 20, 130 и 200 МэВ.

Проведение тестирования на пучках электронов узкозазорных пропорциональных камер.

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., Поляков К.Д., Плужников А.А., 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 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, он-лайн 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:
Создать систему термостабилизации для ИПЛИ.

Установить ИПЛИ в помещении Камчатского филиала ЕГС РАН.

Установить ИПЛИ в геофизической обсерватории Нарочь в Белоруссии.

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 (PAS). 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 PAS имеет на 4 порядка лучшее пространственное разрешение по сравнению с просвечивающим электронным микроскопом.

Прикладные исследования в области твердого тела методами PAS 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 ($BiVO_4$) совместно с коллегами из Вьетнама.

Дальнейшие исследования радиационной стойкости тугоплавких материалов (W, WC).
Завершение 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., Лапкин А.В., Лавров Г.К., Малинин А.С., Макарова В., 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.

Исследование характеристик новых сенсорных материалов (CdTe и CZT) изготовленных в ООО «КристалсНорд».

Продолжение совместной работы с химиками МГУ на микротомографе MARS.

5. GDH&SPASCHARM **Усов Ю.А.** Реализация

Изучение спиновой структуры нуклона в сильных и электромагнитных взаимодействиях

ЛЯП Бажанов Н.А., Белов Д.В., Борисов Н.С., 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., Садовский А.Б., 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 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 «СПАСЧАРМ».

Разработка и создание основных узлов мощного рефрижератора растворения 3He/4He 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:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	ИРП НАНА	Соглашение	Самедов С.Ф.
Армения	Гюмри	ИГИС НАН РА	Совместные работы	Карапетян Д.К.
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами Совместные работы	Батраков К.Г. + 4 чел.

		ЦГМ НАНБ	Обмен визитами Совместные работы	Аронов Г.А. + 4 чел.
Болгария	София	INRNE BAS	Совместные работы	Попов Е.П.
Вьетнам	Хошимин	CNT VINATOM	Соглашение	Нгуен Ву Минь Чунг
Германия	Бонн	UniBonn	Соглашение	Бек Р.
	Майнц	JGU	Соглашение	Ауленбахер К. Томас А.
Россия	Архангельск	САФУ	Соглашение	Есеев М.К.
	Москва	"Кристал"	Соглашение	Адамов Д.Ю.
		НИЯУ "МИФИ"	Соглашение	Нурушева М.В. + 2 чел.
	Новосибирск	ИФП СО РАН	Соглашение	Сидоров Г.Ю.
	Петропавловск-Камчатский	КФ ФИЦ ЕГС РАН	Совместные работы	Испраилов Д.И. Макаров Е.О.
	Протвино	ИФВЭ	Соглашение	Абрамов В.В. + 2 чел.
	Санкт-Петербург	СЗОНКЦ	Соглашение	Светликов А.
		СПбГЭТУ “ЛЭТИ”	Соглашение	Потрахов Н.Н.
	Томск	ТГПУ	Соглашение	Лаптев Р.С.
		ТГУ	Соглашение	Толбанов О.П.
Сербия	Нови-Сад	UNS	Совместные работы	Крмар М.
Узбекистан	Ташкент	ИС АН РУз	Соглашение	Рафиков В.А.
Чехия	Прага	CTU	Соглашение	Солар М.

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:
Беларусь, Бельгия, Германия, Грузия, Италия, Китай, Молдова, Россия, Словакия, ЦЕРН, ЮАР.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:
Разработка систем и элементов ускорителей нового поколения в ОИЯИ, прикладные исследования на ускорителях, участие ОИЯИ в создании проектов международных ускорительных комплексов, участие ОИЯИ в разработке концепции создания пилотного научно-клинического центра протонной терапии.

Проект по теме:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта Статус
Лаборатория	Ответственные от лаборатории		
1.	**Создание испытательных стендов для тестирования отдельных систем циклотрона MSC-230**	**Карамышева Г. А.** **Яковенко С. Л.**	08-2-1127-1-2024/2025 Техпроект

ЛЯП 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., Лепкина О.Е., Ломакина О.В., Ляпин И.Д., Малинин В.А., Малыш Д.А., Пальников И.М., Петров Д.С., Попов Д. В., Рогозин Д.В., Романов В.М., Рыбаков Н.А., Седов Л.Д., Синица А.А., Скрипка Г.М., Федоренко С.А., Чеснов А.Ф., Ширков Г.Д., Ширков С.Г.

ЛФВЭ Борисов В.В., Никифоров Д.Н., Новиков М.С., Ходжибагиян Г.Г.

ЛИТ Карамышева Т.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:
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. MSC-230 может стать первым образцом для серии специализированных медицинских ускорителей подобного типа. Циклотрон должен обеспечить ток до 1 мкА при работе в непрерывном режиме и до 10 мкА в импульсном режиме при энергии протонов 230 МэВ.

Для успешного пуска циклотрона MSC-230, требуется моделирование и проведение испытаний на стендах прототипов отдельных элементов циклотрона, таких как источник протонов, дефлектор. Формирования магнитного поля циклотрона будет осуществляться с помощью разрабатываемой системы измерения магнитного поля.

Актуальность проекта, ориентированного на моделирование и испытания циклотрона и его систем, обусловлена прежде всего важностью создания отечественного ускорителя для протонной терапии наиболее современными методами, отличающегося уникальной интенсивностью пучка, а также актуальностью медико-биологических исследований, которые будут проводиться на MSC-230.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:
Запуск циклотрона MSC-230 с параметрами пучка достаточными для тестирования аппаратуры и лечения пациентов современными методами протонной терапии.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:
Исследование работоспособности отдельных систем циклотрона: дефлектора, источника протонов.

Создание системы измерения магнитного поля, включая калибровочный магнит.

Определение медико-технических условий для проекта создания центра протонной терапии.

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.**	2024-2025 Реализация

ЛЯП Агапов А.В., Александрова И.В., Белокопытова К.В., Бреев В.М., Гаевский В.Н., Грицкова Е.А., 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 линейный ускоритель 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:
Изготовления и проведение испытаний модификаторов пика Брэгга протонного пучка (гребенчатых фильтров) с применением 3Д 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.**	2024-2025 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 профилирования 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:
Проектирование и монтаж оборудования стенда: система транспортировки лазерного излучения на фотокатод, вакуумная и СВЧ системы, система синхронизации импульсов лазерного драйвера с ВЧ-системой, фокусировка и диагностика пучка.

Разработка систем безопасности.

3. Участие в разработке концепции и совместного проекта с ФМБА России создания пилотного научно-клинического центра протонной терапии — **Ширков Г.Д.** — 2024-2025

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:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Минск	ИФ НАНБ	Обмен визитами	Выблый Ю.П. Кульчицкий Ю.А. + 1 чел.
			Совместные работы	Выблый Ю.П. Кульчицкий Ю.А. + 1 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Барышевский В.Г. + 6 чел.
			Совместные работы	Барышевский В.Г. + 6 чел.
Бельгия	Лувен-ля-Нёв	IBA	Совместные работы	Ионген И.
Германия	Гамбург	DESY	Совместные работы	Валкер Н. Мних И. Моглиа Ф.
Грузия	Тбилиси	HEPI-TSU	Совместные работы	Хубуа Д.И. + 1 чел.
Италия	Пиза	INFN	Совместные работы	Бедески Ф.
Китай	Хэфэй	ASIPP	Совместные работы	Кайжонг Динг Чен Ген Янтао Сонг
Молдова	Кишинев	МолдГУ	Совместные работы	Чумак Д.
Россия	Москва	ИМБП РАН	Совместные работы	Штемберг А.С. Шуршаков В.А.
		ФМБА	Совместные работы	Борисевич И.В. Калинин И.В. Ларионова И.И. Ратманов М.А. Скворцова В.И. Туренко О.Ю.

				Яковлева Т.В.
		ФМБЦ	Совместные работы	Осипов А.Н.
	Нижний Новгород	ИПФ РАН	Совместные работы	Гачева Е.И.
				Зеленогорский В.В.
				Потемкин А.К.
				Хазанов Е.А.
	Петропавловск-Камчатский	КамГУ	Соглашение	Исрапилов Д.И.
		КФ ФИЦ ЕГС РАН	Соглашение	Макаров Е.О.
	Пущино	ИТЭБ РАН	Совместные работы	Дюкина А.Р.
				Шемяков А.Е.
	Саратов	СГУ	Соглашение	Бучарская А.Б.
Словакия	Братислава	IEE SAS	Соглашение	Гуран Й.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Совместные работы	Брюннинг О.
				Гейд Ж.К.
				Мергелькуль Д.
				Мэно-Дюран Э.
				Росси Л.
ЮАР	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Соглашение	Вандевордэ Ш.

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:
Россия.

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 договора 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 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 2024 год по основным научным направлениям Института.

Подготовка к изданию ПТП на 2026 год. Определение приоритетных направлений развития ОИЯИ на 2026 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 2025 году.

Подготовка аналитических материалов для министерств и ведомств.

Развитие и продвижение информационных ресурсов ОИЯИ в сети Интернет. Поддержка системы учета протоколов о научно-техническом сотрудничестве.

Содействие реализации права ОИЯИ по самостоятельному присуждению ученых степеней. Поддержка работы диссертационных советов ОИЯИ.

Подготовка к изданию отчета ОИЯИ за 2024 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 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.	
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., Коробов Д.С., Кучерка Н., Сисакян Н.И.	
ДепМС Аль-Маайта Д.О., Белова О.Н., Докаленко Н.М., Коротчик О.М., Котова А.А., Полякова Ю.Н.	
3. Подготовка аналитических и экспертных материалов для министерств и ведомств государств-членов ОИЯИ	**Неделько С.Н.** **Куликов О.-А.** **Жемчугов А.С.**
ДНОД Боклагова Н.А., Коробов Д.С., Крупа О.В., Сисакян Н.И.	
ДепМС Бадави Е.А., Кеселис Т.В., Котова А.А., Маркович Д., Хведелидзе М.А.	
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.	
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 внутрироссийских и международных протоколов и соглашений	**Неделько С.Н.** **Куликов О.-А.**
ДНОД Дорошкевич Н.В., Кучерка Н., Сисакян Н.И.	
ДепМС Бадави Е.А., Кеселис Т.В., Котова А.А.	
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.	
СГУС Борозна Н.В., Заикина Н.В., Моисенз К.П.	
УНЦ Верхеев А.Ю., Каманин Д.В., Сущевич А.А.	

Редакция еженедельника
«Дубна: наука, содружество, прогресс» Молчанов Е.М.

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., Маркович Д., 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., Колесникова А.Г., Котова А.А., Маркович Д., Полякова Ю.Н., Хведелидзе М.А.

ДНОД 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.**

ДепМС Бадави Е.А., Хведелидзе М.А.

Музей Злотникова А.Е., Расторгуев А.А.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Россия	Москва	ИВ РАН	Соглашение	Кузнецов В.А.
		ИМЭМО РАН	Соглашение	Данилин И.В.
		МГИМО	Обмен визитами	Харкевич М.В.
		НИУ ВШЭ	Соглашение	Судариков А.Л.
		РИЭПП	Обмен визитами	Ильина И.Е.
		РУДН	Соглашение	Севастьянов Л.А.
	Санкт-Петербург	ИТМО	Обмен визитами	Минис К.С.

09-9-1139-2019

Научно-образовательные программы подготовки высококвалифицированных кадров

Руководители темы: Каманин Д.В.
Верхеев А.Ю.

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 системы подготовки кадров в ОИЯИ в целях пополнения научного, инженерного и технического персонала Института является ключевой задачей, включающая в себя работу с различными профильными аудиториями, включая 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 программ кратковременных научных стажировок для исследователей и инженеров в ОИЯИ ASPYRE.

Совершенствование лицензированной системы курсов повышения квалификации и переподготовки инженерно-технического персонала Института.

Реализация программ повышения квалификации школьных учителей из государств-членов Института. Обеспечение функционирования межшкольного факультатива г. Дубны, взаимодействие с лицеем им. В.Г. Кадышевского и другими образовательными учреждениями и программ естественно-научного направления для школьников.

Развитие партнерской сети Информационных центров ОИЯИ.

Обеспечение работы программы JEMS.

Создание информационных научно-популярных печатных и электронных изданий, популяризующих Институт и достижения современной науки.

Оснащение партнерских университетов и информационных центров ОИЯИ в государствах-членах электронными и печатными материалами.

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.

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. 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).

Апробация школа для студентов - будущих учителей.

Организация и проведение совместных специализированных научных мероприятий и школ с университетами-партнерами на базе ОИЯИ.

Поддержание и развитие информационной системы о выполнении квалификационных работ студентами и аспирантами из университетов государств-членов в лабораториях Института.

Проведение работ инженерно-физического практикума для студентов и аспирантов государств-членов Института, развитие существующих практикумов, разработка практикумов на линейном ускорителе LINAC-200. Расширение образовательных программ по устройству ускорителя и диагностике пучка.

Развитие системы курсов русского как иностранного и английского языков для сотрудников ОИЯИ.

Проведение курсов повышения квалификации и переподготовки инженерно-технического персонала Института.

Организация научных школ для учителей физики из государств-членов Института в ОИЯИ.

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 групповых экскурсий в ОИЯИ для школьников и студентов.

Распространение современных образовательных ресурсов в государствах-членах ОИЯИ.

Организация участия ОИЯИ в фестивалях наук на базе университетов страны-местопребывания Института.

Расширение партнерской сети Информационных центров ОИЯИ.

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.** **Верхеев А.Ю.**
ЛЯП Якушев Е.А. Наумов Д.В.	Баймуханова А., Жемчугов А.С., Ольшевский А.Г.
ЛТФ Казаков Д.И.	Антоненко Н.В.
ЛНФ Лычагин Е.В. Швецов В.Н.	Авдеев М.В., Белушкин А.В.

ЛФВЭ Бутенко А.В. Строковский Е.А. Белов О.В.	Малахов А.И., Сидорин А.О.
ЛЯР Сидорчук С.И.	Карпов А.В., Попеко А.Г.
ЛИТ Шматов С.В. Кореньков В.В. Стриж Т.А.	Дереновская О.Ю., Пелеванюк И.С., Стрельцова О.И.
ЛРБ Бугай А.Н. Красавин Е.А.	Кошлань И.В.
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., Худоба Д.М.
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	Пилипенко М.С.

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 Каманин Д.В.
Стажировка JEMS

ЛЯП Наумов Д.В.	Дубовик Е.Н.
ЛТФ Антоненко Н.В.	Андреев А.В.
ЛНФ Швецов В.Н.	Худоба Д.
ЛФВЭ Ледницки Р.	Сидорин А.О.

ЛЯР Сидорчук С.И.	Каменски Г., Карпов А.В.
ЛИТ Дереновская О.Ю. Стрельцова О.И.	Пелеванюк И.С.
ЛРБ Бугай А.Н.	Кошлань И.В.
ДНОД Неделько С.Н.	Жемчугов А.С.
ДепМС Куликов О.-А.	Бадави Е.А., Полякова Ю.Н.

Проект по теме:

Наименование проекта	**Руководитель проекта**	**Шифр проекта**
Лаборатория Ответственные от лаборатории		**Статус**
Руководители от Лаборатории		
1. Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ	**Панебратцев Ю.А.**	09-9-1139-1-2021/2028 Реализация

ЛФВЭ Чеплаков А.П. Клыгина К.В. Сидоров Н.Е.	Аверичев А.С., Апарин А.А., Белов О.В., Воронцова Н.И., Голубева Е.И., Коробицин А.А., Лашманов Н.А., Лыонг Ба Винь, Орлова Ю.Д., Осмачко М.П., Пухаева Н.Е., Семчуков П.Д., Ярыгин Г.А.
ЛЯР Карпов А.В. Деникин А.С.	Азнабаев Д., Исатаев Т., Лукьянов С.М., Мендибаев К., Науменко М.А., Рачков В.А.
ЛРБ Бугай А.Н. Кошлань И.В.	Гордеев И.С., Давыдов Д.В., Капралов М.И., Крылов В.А., Павлик Е.Е., Розанов А.Ю., Рюмин А.К., Чижов А.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. Для решения этих задач необходимо объединение усилий различных университетов и научных центров для создания новых учебных курсов и исследовательских практик.

Мультимедийные и интерактивные методики в сочетании с реальными данными, полученными в лабораториях ОИЯИ, могут внести значительной вклад в решение этой проблемы. 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 углубленном 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 (проект ARIADNA).

Развитие веб-ориентированной базы знаний по ядерной физике низких энергий «Nuclear Reaction Video 2.0».

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 университетов.

Запуск выставочной экспозиции «JINR – iThemba LABS Corner» в ЮАР. Создание серии видеороликов по основам экспериментальной ядерной физики для школьников для экспозиции «JINR – iThemba LABS Corner».

Создание 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» для профильной школы, включая исследовательские практикумы по ядерной физике (лабораторный, виртуальный и дистанционный).

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	ИФ НАНА	Соглашение	Мехтиев Р.А.
Армения	Ереван	ЕГУ	Соглашение	Мартиросян Р.М. Погосян Г.С.
Беларусь	Гомель	ГГУ	Обмен визитами Совместные работы	Хахомов С.А. Хахомов С.А.

	Минск	БГТУ	Обмен визитами	Войтов И.В.
			Совместные работы	Войтов И.В.
		НИИ ЯП БГУ	Обмен визитами	Максименко С.А.
			Совместные работы	Максименко С.А.
Болгария	София	INRNE BAS	Совместные работы	Ванков И.
		SU	Совместные работы	Райновски Г.
Вьетнам	Ханой	IOP VAST	Совместные работы	Ле Хонг Хием
		VINATOM	Совместные работы	Винь Ба Лыонг
Египет	Каир	ASRT	Совместные работы	Эль Фики Дж.
		EAEA	Совместные работы	Амр Эль-Хаг
Казахстан	Алма-Ата	КазНУ	Соглашение	Туймебаев Ж.К.
	Астана	ЕНУ	Соглашение	Сыдыков Е.Б.
	Усть-Каменогорск	ВКГУ	Соглашение	Толеген М.А.
Куба	Гавана	ASC	Совместные работы	Хосе Луис Дона
Монголия	Улан-Батор	MNUE	Совместные работы	Жанчив Ш.
		NUM	Совместные работы	Одмаа С.
Россия	Архангельск	САФУ	Соглашение	Кудряшова Е.В.
		СГМУ	Соглашение	Горбатова Л.Н.
	Белгород	БелГУ	Соглашение	Полухин О.Н.
	Владивосток	ДВФУ	Соглашение	Коробец Б.Н.
	Владикавказ	СОГУ	Соглашение	Огоев А.У.
	Воронеж	ВГУ	Соглашение	Ендовицкий Д.А.
	Грозный	ЧГУ	Соглашение	Саидов З.А.
	Долгопрудный	МФТИ	Соглашение	Ливанов Д.В.
	Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Соглашение	Деникин А.С.
	Екатеринбург	УрФУ	Соглашение	Кокшаров В.А.
	Иваново	ИвГУ	Соглашение	Малыгин А.А.
	Иркутск	ИГУ	Соглашение	Шмидт А.Ф.
	Казань	КФУ	Соглашение	Таюрский Д.А.
	Кострома	КГУ	Соглашение	Казак М.А.
	Краснодар	КубГУ	Соглашение	Астапов М.Б.
	Москва	МГТУ	Соглашение	Александров А.А.
		МГУ	Соглашение	Садовничий В.А.
		НИУ "МЭИ"	Соглашение	Рогалев Н.Д.
		НИУ ВШЭ	Соглашение	Анисимов Н.Ю.
		НИЯУ "МИФИ"	Соглашение	Шевченко В.И.
		РУДН	Соглашение	Ястребов О.А.
	Новочеркасск	ЮРГПУ НПИ	Соглашение	Разорёнов Ю.И.
	Петропавловск-Камчатский	КамГУ	Соглашение	Исрапилов Д.И.
	Самара	СУ	Соглашение	Богатырев В.Д.
	Санкт-Петербург	СПбГПУ	Соглашение	Рудской А.И.
		СПбГУ	Совместные работы	Овсянников Д.А.
				Петросян Л.А.
			Соглашение	Кропачев Н.М.
	Смоленск	СмолГУ	Совместные работы	Кислякова Е.В.
	Томск	ТГУ	Соглашение	Галажинский Э.В.
		ТПУ	Соглашение	Седнев Д.А.
	Тула	ТулГУ	Соглашение	Кравченко О.А.
	Якутск	СВФУ	Соглашение	Николаев А.Н.
	Ярославль	ЯрГУ	Соглашение	Русаков А.И.
Сербия	Нови-Сад	UNS	Совместные работы	Крмар М.
	Сремска Каменица	Educons Univ.	Совместные работы	Шиданин П.
Тунис	Тунис	AAAЭ	Соглашение	Дау М.

Узбекистан	Самарканд	СамГУ	Соглашение	Умаров С.Я.
	Ташкент	АН РУз	Совместные работы	Мирзаев С.З.
		ТашГТУ	Соглашение	Донаев С.Б.
ЮАР	Беллвилл	UWC	Совместные работы	Волквин Т.
	Претория	UNISA	Совместные работы	Лекала М.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Нхуду Р.
	Стелленбос	SU	Совместные работы	Вейнгард Ш.

09-3-1117-2014

DIAS-TH
Дубненская международная школа современной теоретической физики

Руководитель темы: Пироженко И.Г.

Ректор DIAS-TH: Казаков Д.И.

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		**Статус**
1.	**DIAS-TH** **Дубненская международная школа современной теоретической физики**	**Пироженко И.Г.** **Казаков Д.И.**	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., Худоба В.		

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 четырех школ по теоретической физике для студентов, аспирантов и молодых ученых:
– Школы ДИАС по гравитации и космологии (председатель Оргкомитета - Д.В. Фурсаев);

– Школы-семинара «Проблемы современной математической физики» (председатель Оргкомитета - С.О. Кривонос);

– Летней школы по физике конденсированных сред (председатель Оргкомитета - В.А. Осипов);

– Международной летней школы «Передовые методы 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:

Страна или международная организация	**Город**	**Институт**	**Статус**	**Участники**
Армения	Ереван	ННЛА	Обмен визитами	Манвелян Р. Нерсесян А.
Россия	Долгопрудный	МФТИ	Обмен визитами	Ахмедов Е.Т. Мусаев Э.Т.
	Казань	КФУ	Обмен визитами	Сушков С.
	Москва	ГАИШ МГУ	Совместные работы	Постнов К.А. Топоренский А.В.
		ИТЭФ	Обмен визитами	Морозов А.Ю. + 5 чел.
		МГУ	Обмен визитами	Гальцов Д. + 2 чел.
		МИАН	Обмен визитами	Арефьева И.Я. + 2 чел. Сергеев А.
		НИИЯФ МГУ	Обмен визитами	Боос Э. Тетерева Т.В.
		НИУ ВШЭ	Обмен визитами	Гриценко В.
		Сколтех	Обмен визитами	Маршаков А.В.
		ФИАН	Обмен визитами	Барвинский А. Васильев М.А. + 2 чел.

				Данилов М.В.
				Пахлов П.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Обмен визитами	Бабичев Е.
				Горбунов Д.С. + 2 чел.
	Новосибирск	НГУ	Обмен визитами	Долгов А.Д.
	Протвино	ИФВЭ	Обмен визитами	Борняков В.
	Санкт-Петербург	СПбГУ	Обмен визитами	Яковлев С.Л.
				Яревский Е.А.
	Саратов	СГУ	Обмен визитами	Смолянский С.А.
	Черноголовка	ИТФ РАН	Обмен визитами	Белавин А. + 2 чел.
				Каменщик А.
				Соколов В.
Сербия	Ниш	Ун-т	Обмен визитами	Джорджевич Г.
Чехия	Прага	CTU	Обмен визитами	Бурдик Ч. + 3 чел.

Алфавитный указатель: международное сотрудничество

Австралия

Канберра

ANU (Австралийский национальный университет | Australian National University | http://www.anu.edu.au/), 1137, 1131

Перт

UWA (Университет Западной Австралии | University of Western Australia | http://www.uwa.edu.au/), 1138

Сидней

Ун-т /Univ./ (Сиднейский университет | University of Sydney | http://sydney.edu.au/), 1137, 1138

Австрия

Вена

HEPHY (Институт физики высоких энергий | Institute of High Energy Physics | http://www.hephy.at/), 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

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

АМУ /AMU/ (Азербайджанский медицинский университет | Azerbaijan Medical University | https://amu.edu.az/), 1107

БГУ /BSU/ (Бакинский государственный университет | Baku State University | http://bsu.edu.az/), 1146

ИГГ НАНА /IGG ANAS/ (Институт геологии и геофизики Национальной академии наук Азербайджана | Institute of Geology and Geophysics of the Azerbaijan National Academy of Sciences | http://gia.az/), 1146

ИРП НАНА /IRP ANAS/ (Институт радиационных проблем Национальной академии наук Азербайджана | Institute of Radiation Problems of the Azerbaijan National Academy of Sciences | http://irp.science.az/), 1149-1, 1066, 1151, 1146, 1100, 1126

ИФ НАНА /IP ANAS/ (Институт физики им. Г.М. Абдуллаева Национальной академии наук Азербайджана | Institute of Physics of the Azerbaijan National Academy of Sciences | http://physics.mehdiyev.me/), 1118, 1149-2, 1081, 1151, 1139

НЦЯИ /NNRC/ (Национальный центр ядерных исследований | National Nuclear Research Center | http://www.mntm.az/), 1065, 1149-1, 1088

Хазар Ун-т /Khazar Univ./ (Университет Хазар | Khazar University | http://www.khazar.org/), 1077

Албания

Тирана

UT (Тиранский университет | University of Tirana | http://www.unitir.edu.al/), 1146

Алжир

Сетиф

UFAS (Университет им. Ферхата Аббаса | Ferhat Abbas University | https://www.univ-setif.dz/), 1136

Аргентина

Барилоче

CAB (Атомный центр Барилоче Национальной комиссии по атомной энергии | Bariloche Atomic Centre National Atomic Energy Commission | https://www.argentina.gob.ar/), 1149-4

Армения

Аштарак

ИРЭ НАН РА /IRE NAS RA/ (Институт радиофизики и электроники Национальной академии наук Республики Армения | Institute of Radiophysics and Electronics | 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

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 named after A. Nazarov | http://iges.am/), 1126

Ереван

CANDLE SRI (Институт синхротронных исследований Center for the Advancement of Natural Discoveries using Light Emission | CANDLE Synchrotron Research Institute | http://candle.am/ru/), 1107

ЕГУ /YSU/ (Ереванский государственный университет | Yerevan State University | http://www.ysu.am/), 1136, 1137, 1087, 1150, 1147, 1077, 1119, 1107, 1131, 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://www.molbiol.sci.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 IAPP NAS RA | https://www.iapp.am/), 1150

ИХФ НАН РА /ICP NAS RA/ (Институт химической физики им. А.Б. Налбандяна Национальной академии наук Республики Армения | Institute of Chemical Physics named after A.B. Nalbandyan of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia | https://ichph.am/), 1131

НИЦИКН /SRCHCH/ (Научно-исследовательский центр историко-культурного наследия Министерства Образования, Науки, Культуры и Спорта Республики Армения (ГНКО) | Scientific Research Center of the Historical and Cultural Heritage of the Ministry of Education, Science, Culture and Sport of RA (SN-CO) | https://armheritage.am/), 1149-2, 1146

ННЛА /Foundation ANSL/ (Национальная научная лаборатория им. А.И. Алиханяна (Ереванский физический институт) Фонд | A.I. Alikhanian National Science Laboratory (Yerevan Physics Institute) Foundation | http://www.yerphi.am/), 1065, 1129, 1149-2, 1137, 1138, 1066, 1081, 1083, 1087, 1088, 1077, 1119, 1107, 1117

РАУ /RAU/ (Российско-Армянский университет | Russian-Armenian University | http://www.rau.am/), 1136, 1077

Бангладеш

Дакка

DU (Университет Дакки | University of Dhaka | http://www.univdhaka.edu/), 1088

Беларусь

Гомель

ГГТУ /GSTU/ (Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого" | Pavel Sukhoi State Technical University of Gomel | http://www.gstu.by/), 1135, 1136, 1081, 1086

ГГУ /GSU/ (Учреждение образования "Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины" | Francisk Skorina Gomel State University | http://gsu.by/), 1135, 1081, 1083, 1086, 1119, 1131, 1139

ИРБ НАНБ /IRB NASB/ (Государственное научное учреждение "Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси" | Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus | http://www.irb.basnet.by/), 1146, 1077

Минск

БГТУ /BSTU/ (Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" | Belarusian State Technological University | http://www.belstu.by/), 1149-4, 1139

БГУ /BSU/ (Учреждение образования "Белорусский государственный университет" | Belarusian State University | http://www.bsu.by/), 1065, 1144, 1146, 1107, 1131

БГУИР /BSUIR/ (Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" | 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 | Institute

of Biophysics and Cell Engineering NAS of Belarus | http://ibp.org.by/ru/), 1077

ИМ НАНБ /IM NASB/ (Государственное научное учреждение "Институт математики Национальной академии наук Беларуси" | 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 | Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus | http://physiology.by/), 1077

ИПФ НАНБ /IAP NASB/ (Государственное научное учреждение "Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси" | State Scientific Institution "Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Belarus" | http://iaph.bas-net.by/), 1081, 1086

ИФ НАНБ /IP NASB/ (Государственное научное учреждение "Институт физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси" | B.I. Stepanov Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus | http://ifan.basnet.by/), 1065, 1135, 1136, 1137, 1081, 1151, 1086, 1144, 1119, 1127

ИЭ НАНБ /IPE NASB/ (Республиканское научно-производственное унитарное предприятие "Институт энергетики национальной академии наук Беларуси" | Institute of Power Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus | http://ipe.by), 1151, 1130

ИЭБ НАНБ /IEB NASB/ (Государственное научное учреждение "Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси" | Institute of experimental botanics 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

НИИ ЯП БГУ /INP BSU/ (Научно-исследовательское учреждение "Институт ядерных проблем" Белорусского государственного университета | Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University | http://www.new.inp.bsu.by/), 1065, 1118, 1149-3, 1135, 1081, 1083, 1085, 1087, 1096, 1151, 1150, 1144, 1146, 1077, 1119, 1107, 1126, 1127, 1139, A004

НПЦ НАНБ /SPMRC NASB/ (Государственное научно-производственное объединение "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению" | Scientific and Practical Materials Research Centre of the National Academy of Sciences of Belarus | https://physics.by/), 1137, 1146, 1147, 1077

ОИПИ НАНБ /UIIP NASB/ (Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси | 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 | State Scientific Institution "Joint Institute for Power and Nuclear Research - Sosny" of the National Academy of Sciences of Belarus | http://sosny.bas-net.by/), 1065, 1118, 1149-1, 1149-2, 1135, 1107

СОЛ инструментс (SOL instruments LTd. | http://solinstruments.com/), 1147

ФТИ НАНБ /PTI NASB/ (Государственное научное учреждение "Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси" | Physical Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus | http://www.phti.by/), 1065

ЦГМ НАНБ/CGM NASB/ (Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси | Center for geophysical monitoring of National Academy of Sciences of Belarus | https://cgm.by/, 1126

Хойники

ПГРЭЗ /PSRER/ (Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение "Полесский государственный радиационно-экологический заповедник" | Polessky State Radiation-Ecological Reserve | https://zapovednik.by/), 1146

Бельгия

Антверпен

UAntwerp (Антверпенский университет | University of Antwerp | http://www.uantwerpen.be/), 1083

Брюссель

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

Ugent (Гентский университет | Ghent University | http://www.ugent.be/), 1083

Лёвен

KU Leuven (Лёвенский католический университет | Catholic University of Leuven | http://www.kuleuven.be/), 1083, 1100

Лувен-ля-Нёв

IBA (Центр ионных пучков | Ion Beam Applications | http://iba-worldwide.com/), 1127

UCL (Лувенский католический университет | Catholic University of Louvain | http://uclouvain.be/), 1136, 1083, 1096

Монс

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

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 | http://www.ie-bas.org.bg/), 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, 1130, 1100, 1126, 1139

Inst. Microbiology BAS (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, 1139

UCTM (Химико-технологический и металлургический университет | University of Chemical Technology and Metallurgy | http://dl.uctm.edu/), 1149-2, 1097

Ботсвана

Палапье

BIUST (Ботсванский международный университет науки и технологий | Botswana

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

International University of Science and Technology | http://www.biust.ac.bw/), 1146

Бразилия

Жуис-ди-Фора

UFJF (Федеральный университет в Жуис-ди-Форы | Federal University of Juiz de Fora | http://www2.ufjf.br/), 1138

Итабуна

UFSB (Федеральный университет Юго-Западной Баии | Federal University of Southern Bahia | https://ufsb.edu.br/), 1146

Кампинас

UNICAMP (Кампинасский государственный университет | State University at Campinas | http://www.unicamp.br/), 1088

Натал

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

UFF (Федеральный университет Флуминенсе | Federal Fluminense University | http://www.uff.br/), 1136

Порту-Алегри

UFRGS (Федеральный университет Риу-Гранди-ду-Сул | Federal University of Rio Grande de Sul | http://www.ufrgs.br/), 1088

Рио-де-Жанейро

CBPF (Бразильский центр исследований в области физики | Brazilian Center for Physics Research | http://portal.cbpf.br/), 1083

UERJ (Государственный университет Рио-де-Жанейро | State University of Rio de Janeiro | http://www.uerj.br/), 1083

Сан-Жозе-дус-Кампус

ITA (Институт аэронавтики | Aeronautics Institute of Technology | http://www.ita.br), 1136

Сан-Паулу

UEP (Отдел профессионального образования в Санта-Каса-де-Сан-Паулу | Unit of Professional Education Santa Case de São Paulo | http://www.santacasasp.org.br/), 1136

Unesp (Государственный университет Сан-Паулу | São Paulo State University | http://www2.unesp.br/), 1083

USP (Университет Сан-Паулу | University of São Paulo | http://www5.usp.br/), 1137, 1138, 1088

Санту-Андре

UFABC (Федеральный Университет АБС | University Federal of ABC | http://www.ufabc.edu.br/), 1138, 1088

Флорианополис

UFSC (Федеральный университет Санта-Катарины | Federal University of Santa Catarina | http://ufsc.br/), 1136

Великобритания

Бирмингем

Ун-т /Univ./ (Бирмингемский университет | University of Birmingham | http://www.birmingham.ac.uk/), 1088, 1096

Бристоль

Ун-т /Univ./ (Бристольский университет | University of Bristol | http://www.bris.ac.uk/), 1083, 1096

Гилфорд

Ун-т /Univ./ (Университет Суррея | University of Surrey | http://www.surrey.ac.uk/), 1136

Глазго

U of G (Университет Глазго | University of Glasgow | http://www.gla.ac.uk/), 1138, 1085, 1096, 1097

Дарем

Ун-т /Univ./ (Даремский университет | Durham University | http://www.dur.ac.uk/), 1138

Дарсбери

DL (Дарсберийская лаборатория | Daresbury Laboratory; Council for the Central Laboratory of the Research Councils | http://www.cclrc.ac.uk/Activity/DL), 1088

Дерби

Ун-т /Univ./ (Университет Дерби | University of Derby | https://www.derby.ac.uk/), 1088

Дидкот

RAL (Лаборатория Резерфорда - Эплтона | Rutherford Appleton Laboratory; Science and Technology Facilities Council | http://www.stfc.ac.uk/), 1083

Кембридж

Ун-т /Univ./ (Кембриджский университет | University of Cambridge | http://www.cam.ac.uk/), 1138

Кентербери

Ун-т /Univ./ (Университет графства Кент | University of Kent | http://www.kent.ac.uk/), 1138

Ковентри

Warwick (Уорикский университет | University of Warwick | https://warwick.ac.uk/), 1137, 1100

Ланкастер

LU (Ланкастерский университет | Lancaster University | http://www.lancaster.ac.uk/), 1096

Ливерпуль

Ун-т /Univ./ (Ливерпульский университет | University of Liverpool | http://www.liv.ac.uk/), 1135, 1088

Лондон

Imperial College (Имперский колледж Лондон | Imperial College London | http://www.imperial.ac.uk/), 1135, 1138, 1083, 1144, 1100

JAI@RHUL (Институт Джона Адамса ускорительных наук Ройял Холлоуэй, Университет Лондона | John Adams Institute for Accelerator Science at Royal Holloway, University of London | https://www.adams-institute.ac.uk/), 1150

UCL (Университетский колледж Лондона | University College London | http://www.ucl.ac.uk/), 1100

Манчестер

UoM (Манчестерский университет | University of Manchester | http://www.manchester.edu/), 1100

Оксфорд

Ун-т /Univ./ (Оксфордский университет | University of Oxford | http://www.ox.ac.uk/), 1119

Эдинбург

Ун-т /Univ./ (Эдинбургский университет | University of Edinburgh | http://www.edinburgh.ac.uk/), 1100

Венгрия

Будапешт

ELTE (Будапештский Университет им. Лоранда Этвёша | Eötvös Loránd University | http://www.elte.hu/), 1135

HUN-REN (Центр энергетических исследований HUN-REN | HUN-REN Center for Energy Research | https://www.ek.hun-ren.hu), 1149-2

RKK OU (Факультет лёгкой промышленности и охраны окружающей среды им. Рейто Шандора Обудского Университета | Rejto Sándor Faculty of Light Industry and Environmental Engineering of the Obuda University | http://rkk.uni-obuda.hu/), 1146

Wigner RCP (Институт физики частиц и ядерной физики Исследовательского центра физики им. Вигнера | Institute for Particle and Nuclear Physics, Wigner Research Centre for Physics | http://wigner.mta.hu/), 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1136, 1083, 1088

Дебрецен

Atomki (Институт ядерных исследований Венгерской академии наук | Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Science | http://www.atomki.hu/), 1136, 1083

UD (Дебреценский университет | University of Debrecen | http://www.unideb.hu/), 1083

Вьетнам

Далат

DNRI (Институт ядерных исследований Далата | Dalat Nuclear Research Institute | http://www.nri.gov.vn/), 1066, 1146

Дананг

DTU (Дюй Тан университет | Duy Tan University | http://www.daytan.edu.vn/), 1149-2

Ханой

IMS VAST (Институт материаловедения Вьетнамской академии наук и технологий | Institute of Material Science of the Vietnam Academy of Science and Technology | http://ims.vast.ac.vn/), 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 | http://vast.ac.vn/), 1077

IOP VAST (Институт физики Вьетнамской академии наук и технологий | Institute of Physics of the Vietnam Academy of Science and Technology | http://www.iop.vast.ac.vn/), 1149-2, 1135, 1146, 1130, 1147, 1139

ITT VAST (Институт тропических технологий Вьетнамской академии наук и технологий | Institute for Tropical Technology VAST | 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

CNT VINATOM (Центр ядерных технологий Института атомной энергии Вьетнама | Center for Nuclear Techniques, VINATOM | https://vinatom.gov.vn/en/), 1126

HCMUE (Хошиминский Государственный Педагогический Университет | Ho Chi Minh City University of Education | https://hcmue.edu.vn/en/) , 1130

VNUHCM (Вьетнамский национальный университет Хошимина | Vietnam National

University, Ho Chi Minh City | https://vnuhcm.edu.vn/), 1135

Германия*

Ахен

RWTH (Рейнско-Вестфальский технический университет Ахена | Rheinisch-Westfaelische Technische Aachen University | http://www.rwth-aachen.de/), 1083, 1099

Берлин

HZB (Берлинский центр материалов и энергии Объединения им. Гельмгольца | Helmholtz Berlin Centre for Materials and Energy of the Helmholtz Association | http://www.helmholtz-berlin.de/), 1149-4, 1136

Билефельд

Ун-т /Univ./ (Билефельдский университет | Bielefeld University | http://www.uni-bielefeld.de/), 1136

Бонн

UniBonn (Боннский университет | University of Bonn | http://www.uni-bonn.de/), 1136, 1138, 1085, 1088, 1096, 1126

Вормс

ZTT (Центр трансфера технологий и телекоммуникаций Университета Вормса | Center for Technology Transfer and Telecommunications of the University of Worms | https://www.hs-worms.de/), 1088

Вупперталь

UW (Вуппертальский университет | University of Wuppertal | http://www.uni-wuppertal.de/), 1137

Гамбург

DESY (Германский электронный синхротрон DESY Объединения им. Гельмгольца | Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY of the Helmholtz Association | http://www.desy.de/), 1083, 1127

Ун-т /Univ./ (Гамбургский университет | University of Hamburg | http://www.uni-hamburg.de/), 1135, 1136, 1083, 1099

Ганновер

LUH (Ганноверский университет Вильгельма Лейбница | Leibniz University of Hannover | http://www.uni-hannover.de/), 1138

Гейдельберг

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

JLU (Гисенский университет им. Юстуса Либиха | Justus Liebig University Giessen | http://www.uni-giessen.de/), 1136

Дармштадт

GSI (Центр исследований тяжелых ионов им. Гельмгольца Объединения им. Гельмгольца | Helmholtz-Centre for the Study of Heavy Ions of the Helmholtz Association | http://www.gsi.de/), 1065, 1136, 1085, 1088, 1130

TU Darmstadt (Дармштадтский технический университет | Technical University Darmstadt | http://www.tu-darmstadt.de/), 1149-2, 1136, 1088

Дрезден

HZDR (Центр им. Гельмгольца Дрезден-Россендорф Объединения им. 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

HHU (Дюссельдорфский университет им. Генриха Гейне | Heinrich Heine University Dusseldorf | http://www.uni-duesseldorf.de/), 1135

Зиген

Ун-т /Univ./ (Зигенский университет | University of Siegen | http://www.uni-siegen.de/), 1136

Карлсруэ

KIT (Технологический институт Карлсруэ | Karlsruhe Institute of Technology | http://www.kit.edu/), 1135, 1083

Кёльн

Ун-т /Univ./ (Кёльнский университет | University of Cologne | http://www.uni-koeln.de/), 1136

Лейпциг

UoC (Лейпцигский университет | University of Leipzig | http://www.uni-leipzig.de/), 1136, 1137, 1138

Майнц

JGU (Майнцкий университет им. Иоганна Гутенберга | Johannes Gutenberg University

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

of Mainz | http://www.uni-mainz.de/), 1136, 1096, 1146, 1126

Мюнстер

WWU (Вестфальский университет им. Вельгельма (Мюнстерский университет) | Westfalische Wilhelms-Universiry (University of Münster) | http://www.uni-muenster.de/), 1088

Мюнхен

LMU (Мюнхенский университет им. Людвига и Максимилиана | Ludwig-Maximilians University of Munich | http://www.uni-muenchen.de/), 1138

TUM (Мюнхенский технический университет | Technical University of Munich | https://www.tum.de/), 1085, 1088, 1146, 1100

Ольденбург

IPO (Институт физики Ольденбургского университета | Institute of Physics of the Cari von Ossietzky University of Oldenburg | http://www.uol.de/en/physics/), 1138

Потсдам

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

UR (Регенсбургский университет | University of Regensburg | http://www.uni-regensburg.de/), 1135

Росток

Ун-т /Univ./ (Ростокский университет | University of Rostock | http://www.uni-rostock.de/), 1136

Тюбинген

Ун-т /Univ./ (Тюбингенский университет Эберхарда и Карла | Eberhard Karls University of Tübingen | http://uni-tuebingen.de/), 1135, 1088, 1100

Фрайберг

TUBAF (Технический университет Фрайбергская горная академия | Technical University Bergakademie of Freiberg | http://tu-freiberg.de/), 1085

Франкфурт/М

FIAS (Франкфуртский институт передовых исследований | Frankfurt Institute for Advanced Studies | http://fias.institute.de/), 1088

Ун-т /Univ./ (Франкфуртский университет им. Иоганна Вольфганга Гёте | Goethe University of Frankfurt on Main | http://www.uni-frankfurt.de/), 1136, 1088

Цойтен

DESY (Германский электронный синхротрон Объединения им. Гельмгольца | Deutsches Elektronen-Synchrotron of the Helmholtz Association (Zeuthen) | http://www.desy.de/), 1135, 1081

Эрланген

FAU (Университет Эрлангена-Нюрнберга им. Фридриха-Александра | Friedrich Alexander University of Erlangen-Nuremberg | http://www.fau.eu/), 1136

Юлих

FZJ (Исследовательский центр Юлиха | Research Centre Jülich of the Helmholtz Association | http://www.fz-juelich.de/), 1065, 1149-4

Греция

Афины

INP 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

NTU (Афинский государственный технический университет | National Technical University of Athens | http://www.ntua.gr/), 1083

UoA (Афинский национальный университет имени Каподистрии | National and Kapodistrian University of Athens | http://www.uoa.gr/), 1138, 1083, 1088

Ретимнон

UoC (Университет Крита | University of Crete | https://en.uoc.gr), 1135

Янина

UI (Университет Янина | University of Ioannina | http://www.uoi.gr/), 1083

Грузия

Тбилиси

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 | http://www.aiphysics.tsu.ge/), 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, 1127

TSU (Тбилисский государственный университет им. Иванэ Джавахишвили | Ivane Javakhishvili Tbilisi State University | http://www.tsu.ge/), 1118, 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

Ун-т /Univ./ (Александрийский университет | Alexandria University | http://www.alexu.edu.eg/), 1149-2, 1086, 1146, A003

Асуан

Университет Асуана | Aswan University | http://www.aswu.edu.eg/, 1132

Гиза

CU (Каирский университет | Cairo University | http://cu.edu.eg/), 1118, 1149-2, 1136, 1137, 1146, 1119

NILES CU (Национальный институт лазерных технологий Каирского университета | National Institute of Laser Enhanced Sciences of Cairo University | http://niles.cu.edu.eg/), 1066

Каир

ASRT (Академия научных исследований и технологий | Academy of Scientific Research and Technology | http://www.asrt.sci.eg/), 1118, 1119, 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/), 1129, 1149-2, 1149-3, 1139

ECTP MTI (Египетский центр теоретической физики Современного Университета технологий и информации (MTI) | Egyptian Center for Theoretical Physics of Modern University for Technology and Information (MTI) | https://www.mti.edu.eg/), 1065

FUE (Университет будушего в Египте | Future University in Egypt | https://www.fue.edu.eg/), 1136

NRC (Национальный исследовательский центр | National Research Centre | http://www.nrc.sci.eg/), 1146, 1147

Мадинат-эс-Садат

USC (Университет Садат-Сити | University of Sadat City | https://usc.edu.eg), 1077

Нью-Борг-эль-Араб

GEBRI (Исследовательский институт генной инженерии и биотехнологий | Genetic Engineering & Biotechnology Research Institute | http://srtacity.sci.eg/) , 1132

Шибин-эль-Ком

MU (Университет Менуфии | Menoufia University | http://mu.menoufia.edu.eg/), 1146

Эль-Мансура

MU (Мансура университет | Mansoura University | http://www.mans.edu.eg/en/), 1146

Израиль

Иерусалим

HUJI (Еврейский университет в Иерусалиме | Hebrew University of Jerusaliem | http://www.huji.ac.il/), 1138

Реховот

WIS (Институт Вейцмана | Weizmann Institute of Science | http://www.weizmann.ac.il/), 1081

Тель-Авив

TAU (Тель-Авивский университет | Tel Aviv University | http://www.tau.ac.il/), 1138, 1085, 1086

Индия

Аиджал

MZU (Университет Мизорам | Mizoram University | https://mzu.edu.in), 1146, 1147

Алигарх

AMU (Алигархский мусульманский университет в Алигархе | Aligarh Muslim University | http://www.amu.ac.in/), 1088

Бхубанешвар

IOP (Институт физики, Бхубанешвар | Institute of Physics, Bhubaneswar | http://www.iopb.res.in/), 1088

Варанаси

BHU (Бенаресский индуистский университет | Banaras Hindu University | http://www.bhu.ac.in/), 1146

Гувахати

GU (Университет Гувахати | Gauhati University | https://gauhati.ac.in/), 1088

Джайпур

Ун-т /Univ./ (Университет Раджастана | University of Rajasthan | http://www.uniraj.ac.in/), 1087, 1088

Джамму

Ун-т /Univ./ (Университет Джамму | University of Jammu | http://www.jammuuniversity.ac.in/), 1066, 1088

Джатни

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

IIT Indore (Индийский институт технологий Индор | Indian Institute of Technology | https://www.iiti.ac.in/), 1088

Калькутта

BNC (Национальный центр фундаментальных наук им. С.Н. Бозе | S.N. Bose National Centre for Basic Sciences | 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 | Saha Institute of Nuclear Physics | 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

CUK (Центральный университет Кералы | Central University of Kerala | http://cukerala.ac.in/), 1136

Манипал

MU (Университет Манипала | Manipal University | http://manipal.edu/), 1130

Мумбаи

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

TIFR (Институт фундаментальных исследований Тата | Tata Institute of Fundamental Research | http://www.tifr.res.in/), 1083

Нью-Дели

IUAC (Межвузовский ускорительный центр | Inter-University Accelerator Center | http://www.iuac.res.in/), 1136

Патна

NIT Patna (Национальный технологический институт, Патна | National Institute of Technology Patna | http://www.nitp.ac.in/), 1149-2

Рурки

IIT Roorkee (Индийский технологический институт Рурки | Indian Institute of Technology Roorkee | https://www.iitr.ac.in/), 1130

Сунабеда

CUO (Центральный университет Одиша | Central University of Odisha | https://cuo.ac.in/), 1135

Тирупати

IISER (Индийский институт научного образования и исследований, Тирупати | Indian Institutes of Science Education and Research, Tirupati | https://www.iisertirupati.ac.in/), 1066

Чандигарх

PU (Пенджабский университет | Panjab University | http://puchd.ac.in/), 1136, 1066, 1083, 1088

Эттимадаи

Амрита Ун-т. /Amrita Univ./ (Амрита Вишва Видьяпитхам (Амрита Университет) | Amrita Vishwa Vidyapeetham (Amrita University) | https://www.amrita.edu/), 1135

Индонезия

Джакарта

LIPI (Индонезийский институт наук | Indonesian Institute of Sciences | http://lipi.go.id/), 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

Ун-т /Univ./ (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

Ун-т /Univ./ (Университет г. Тегеран | University of Tehran | https://ut.ac.ir/en), 1135

Ирландия

Дублин

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

ICMAB-CSIC (Институт материаловедения Барселоны | Institute of Materials Science of Barcelona-CSIC | https://icmab.es/), 1149-2

IEEC-CSIC (Институт космических наук при Высшем совете научных исследований | Institute of Space Science of the Higher Research Council | http://www.ice.csic.es/), 1138

IFAE (Институт физики высоких энергий | Institute for High Energy Physics | http://www.ifae.es/), 1081

Бильбао

UPV/EHU (Университет страны Басков | University of the Basque Country | http://www.ehu.eus/), 1138

Валенсия

IFIC (Институт физики частиц Университета Валенсии | Institute for Particle Physics of the University of Valencia | http://ific.uv.es/), 1138, 1096

Вальядолид

UVa (Вальядолидский университет | University of Valladolid | https://universityofvalladolid.uva.es/), 1138

Гранада

UGR | Гранадский университет | University of Granada | https://www.ugr.es/en, 1135

Лехона

BCMaterials (Баскский центр по материалам, приложениям и наноструктурам | Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures | https://www.bcmaterials.net/), 1149-2

Мадрид

CENIM-CSIC (Национальный центр металлургических исследований при Высшем совете научных исследований | National Centre for Metallurgical Research of the Higher 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 | Autonoma University of Madrid | http://www.uam.es/), 1083

Овьедо

UO (Университет Овьедо | University of Oviedo | http://www.uniovi.es/), 1083

Пальма

UIB (Университет Балеарских островов | Illes Baleares University | http://www.uib.cat/), 1136

Сантандер

IFCA (Институт физики Кантабрии Университета Кантабрии | Institute of Physics of Cantabria of the University of Cantabria | http://ifca.unican.es/), 1083

Сантьяго-де-Компостела

USC (Университет Сантьяго-де-Компостела | University of Santiago de Compostela | http://www.usc.es/), 1138

Италия

Алессандрия

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/), 1088

Ассерджи

INFN LNGS (Национальная лаборатория Гран-Сассо Национального института ядерной физики | Laboratory Nazionali del Gran Sasso of the National Institute for Nuclear Physics | https://www.lngs.infn.it), 1100

Бари

DIF | (Межуниверситетский факультет физики университета и политехнического факультета Бари | Interuniversity Department of Physics of the University and Polytechnic of Bari | https://www.uniba.it/), 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

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

UNIBS (Университет Брешиа | University of Brescia | https://en.unibs.it/), 1088

Верчелли

UPO (Университет Восточный Пьемонт Амедео Авогадро | Amedeo Avogadro Piemonte Eastern University | http://www.unipmn.it/), 1088

Витербо

UNITUS (Тосканский университет | University of Tuscia | http://www3.unitus.it/), 1077

Генуя

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Генуи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Genoa | http://www.ge.infn.it/), 1083, 1096, 1119

Кальяри

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

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 (Катанийский университет | University of Catania | http://www.unict.it/), 1088

Леньяро

INFN LNL (Национальный институт ядерной физики, Национальная лаборатория Леньяро | National Institute for Nuclear Physics, Legnaro National Laboratories | http://www.lnl.infn.it/), 1088

Мессина

UniMe (Мессинский университет | University of Messina | http://www.unime.it/), 1149-2, 1136, 1088

Милан

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

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 им. Фридриха II | University of Naples Federico II | http://www.unina.it/), 1130

Павия

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

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Падуи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Padua | http://www.pd.infn.it/), 1083, 1088

UniPd (Падуанский университет | University of Padua | http://www.unipd.it/), 1138, 1088

Перуджа

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Перуджи | National Institute for Nuclear Physics, Section of Perugia | http://www.pg.infn.it/), 1083, 1096

Пиза

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Пизы | National Institute for Nuclear Physics, Section of Pisa | http://www.pi.infn.it/), 1135, 1081, 1083, 1096, 1151, 1127

Рим

CREF (Центр науки и исследований Энрико Ферми | Enrico Fermi Center for Study and Research | https://www.cref.it/), 1088

ENEA (Итальянское национальное агентство по новым технологиям, энергетике и устойчивому экономическому развитию | Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development | http://www.enea.it/), 1146

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Рима | National Institute for Nuclear Physics, Section of Rome | http://www.roma1.infn.it/), 1083, 1088, 1096

Univ. "La Sapienza" (Римский университет Ла Сапиенца | University of Roma "La Sapienza" | http://www.uniroma1.it/), 1088

Univ. "Tor Vergata" (Римский университет Тор Вергата | University of Rome "Tor Vergata" | http://web.uniroma2.it/), 1096

Салерно

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Салерно | National Institute for Nuclear Physics, Section of Salerno | http://www.sa.infn.it/), 1088, 1099

Тренто

UniTn (Университет Тренто | University of Trento | http://www.unitn.it/), 1085

Триест

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Триеста | National Institute for Nuclear Physics, Section of Trieste | http://www.ts.infn.it/), 1083, 1085, 1088

SISSA/ISAS (Международная школа передовых исследований | International School for Advanced Studies | http://www.sissa.it/), 1138

UNITR (Триестский университет | University of Trieste | http://www.univ.trieste.it/), 1088

Турин

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Турина | National Institute for Nuclear Physics, Section of Turin | http://www.to.infn.it/), 1083, 1085, 1088, 1096

Polito (Туринский политехнический университет | Polytechnic University of Turin | http://www.polito.it/), 1088

UniTo (Туринский университет | University of Turin | http://www.unito.it/), 1136, 1138, 1088

Феррара

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Феррары | National Institute for Nuclear Physics, Section of Ferrara | http://www.fe.infn.it/), 1096

Флоренция

INFN (Национальный институт ядерной физики, отделение Флоренции | National Institute for Nuclear Physics, Section of Florence | http://www.fi.infn.it/), 1083, 1096

Фоджа

Unifg (Университет Фоджи | University of Foggia | https://www.unifg.it/), 1088

Фраскати

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

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

ИЯФ /INP/ (Республиканское государственное предприятие "Институт ядерной физики" Министерства энергетики Республики Казахстан | Institute of Nuclear Physics of Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan | http://www.inp.kz/), 1065, 1148, 1118, 1149-2, 1149-3, 1136, 1066, 1096, 1144, 1146, 1130, 1100, 1147, 1119

КазНУ /KazNU/ (Казахский национальный университет имени аль-Фараби | Al-Farabi Kazakh National University | http://www.kaznu.kz/), 1149-2, 1136, 1138, 1130, 1139

НИИ ЭТФ КазНУ /IETP KazNU/ (Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики дочернее государственное предприятие Казахского национального университета им. аль-Фараби | Institute of Experimental and Theoretical Physics of the Al-Farabi Kazakh National University | http://www.ietp.kz/), 1119

ФТИ /IPT/ (Научно-исследовательская организация “Физико-технический институт”

| Physics - Techical Institute | http://www.sci.kz/), 1065

Астана

АФ РГП ИЯФ /BA INP/ (Астанинский филиал Республиканского государственного предприятия "Института ядерной физики" Министерства энергетики Республики Казахстан | Branch of the Astana Institute of Nuclear Physics of Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan | http://www.inp.kz/), 1118, 1129, 1131

ЕНУ /ENU/ (Евразийский национальный университет им. Льва Николанвича Гумилёва | L.N. Gumilyov Eurasian National University | http://www.enu.kz/), 1146, 1130, 1119, 1131, 1139

НУ /NU/ (Назарбаев университет | Nazarbayev University | http://nu.edu.kz/), 1131

Кызылорда

КазНИИР /KazSRIRG/ (Товарищество с ограниченной ответственностью "Казахский научно-исследовательский институт рисоводства" | Kazakh Scientific Research Institute of Rice Growing named after I. Zhakhayev), 1146

КУ /KU/ (Кызылординский Университет им. Коркыт Ата | Korkyt Ata Kyzylorda University | https://korkyt.edu.kz/), 1146

Усть-Каменогорск

ВКГУ /EKSU/ (Восточно-Казахстанский государственный университет им. Сарсена Аманжолова | Sarsen Amanzholov East Kazakhstan State University | http://www.vkgu.kz/), 1139

Канада

Ванкувер

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

MUN (Мемориальный университет Ньюфаундленда - Кампус Гренфелл | Memorial University of Newfoundland - Grenfell Campus | http://www.grenfell.mun.ca/), 1135

Монреаль

UdeM (Монреальский университет | University of Montreal | http://www.umontreal.ca/), 1137

Торонто

YU (Университет Йорк | York University | https://www.yorku.ca/), 1096

Шербрук

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

SYSU (Университет имени Сунь Ятсена | Sun Yat-Sen University | https://www.sysu.edu.cn/sysuen), 1135, 1138

Ичан

CTGU (Китайский университет "Три ущелья" | China Three Gorges University | http://eng.ctgu.edu.cn/), 1065

Ланьчжоу

IMP CAS (Институт современной физики Китайской академии наук | Institute of Modern Physics of the Chinese Academy of Sciences | http://www.imp.cas.cn/), 1065, 1129, 1135, 1136, 1066, 1130

Наньчан

NCU (Наньчанский Университет | Nanchang University | https://english.ncu.edu.cn/), 1138

Пекин

"Tsinghua" (Университет Цинхуа | Tsinghua University | http://www.tsinghua.edu.cn/), 1065, 1137, 1083

CIAE (Китайский институт атомной энергии | China Institute of Atomic Energy | http://www.ciae.ac.cn/), 1065, 1136, 1087, 1088, 1130, 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, 1099, 1146

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 | http://www.pku.edu.cn/), 1136, 1083, 1130

UCAS (Университет Китайской академии наук | University of Chinese Academy of Sciences | https://english.ucas.edu.cn/), 1065, 1138, 1130

Сиань

NINT (Северо-Западный институт ядерных технологий | Northwest Institute of Nuclear Technology), 1146

Ухань

CCNU (Центральный китайский педагогический университет; Институт физики частиц | Central China Normal University; Institute of Particle Physics | http://physics.ccnu.edu.cn/), 1065, 1066, 1087, 1088

HBUT (Технологический университет Хубэй | Hubei University of Technology | http://www.hbut.edu.cn/), 1088

Хайкоу

HNU (Хайнаньский университет | Hainan University | http://en.hainanu.edu.cn/), 1135

Ханчжоу

ZJU (Чжэцзянский университет | Zhejiang University | http://www.zju.edu.cn/english/), 1083

Харбин

HEU (Харбинский инженерный университет | Harbin Engineering University | http://www.hrbeu.edu.cn/), 1149-2

Хучжоу

HU (Университет Хучжоу | Huzhou University | http://www.zjhu.edu.cn/), 1065

Хэнъян

USC (Университет Южного Китая | University of South China | http://english.usc.edu.cn/), 1065, 1138

Хэфэй

ASIPP (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

SDU (Шаньдунский университет | Shandong University | http://en.sdu.edu.cn/), 1065

Шанхай

Fudan (Фуданьский университет | Fudan University | http://www.fudan.edu.cn/), 1065

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

Ун-т /Univ./ (Университет Шанхая | Shanghai University | https://en.shu.edu.cn), 1136, 1138

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 | Centre of Technological Applications and Nuclear Development | http://www.ceaden.cu), 1088, A003

CNEURO (Кубинский центр нейробиологии | Cuban Neuroscience Center | https://www.cneuro.cu/), 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

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

Вильнюс

VU (Вильнюсский университет | Vilnius University | http://www.vu.lt/), 1083

Каунас

VMU (Университет Витаутаса Великого | Vytautas Magnus University | http://www.vdu.lt/), 1136

МАГАТЭ

Вена

МАГАТЭ /IAEA/ (Международное агентство по атомной энергии | International Atomic Energy Agency | http://www.iaea.org/), 1149-4, 1146

Мальта

Мсида

UM (Мальтийский университет | University of Malta | https://www.um.edu.mt/), 1088

Мексика

Кульякан

UAS (Автономный Университет Синалоа | Autonomous University of Sinaloa | https://www.uas.edu.mx/), 1088

Мехико

Cinvestav (Центр передовых исследований Национального политехнического института | Centre for Advanced Investigations and Studies of the National Polytechnical 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, 1119

Пуэбла

BUAP (Автономный университет штата Пуэбла | Autonomous University of Puebla | http://www.buap.mx/), 1065, 1083, 1088

Сан-Луис-Потоси

UASLP (Автономный университет Сан-Луис-Потоси | Autonomous University of San Luis Potosi | http://www.uaslp.mx/), 1096

Молдова

Кишинев

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, культуры и исследований Республики Молдова | Institute of Applied Physics of the Ministry of Education, Culture 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, 1127

Монголия

Улан-Батор

GCRA (Геологический центр исследований и анаиза| Geological Center for Research and Analysis | http://gcra.gov.mn/), 1146, 1130

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, 1149-1, 1149-2, 1137, 1087

MNUE (Монгольский государственный университет образования | Mongolian National University of Education | http://mnue.mn/), 1066, 1139

MUST (Монгольский университет науки и технологии | Mongolian University of Science and Technology | http://www.must.edu.mn/), 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

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

UU (Утрехтский университет | Utrecht University | http://www.uu.nl/), 1088

Эйндховен

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

Ун-т /Univ./ (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

Осло

UiO (Университет Осло | University of Oslo | http://www.uio.no/), 1136, 1088

Тенсберг

USN (Университет Юго-Восточной Норвегии | University College of Southeast Norway | https://www.usn.no/english/), 1088

Пакистан

Исламабад

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

PUCP (Папский католический университет Перу | Pontifical Catholic University of Peru | https://www.pucp.edu.pe/), 1088

Польша*

Белосток

UwB (Университет в Белостоке | University of Bialystok | http://www.uwb.edu.pl/), 1149-2, 1138

Варшава

IEP WU (Институт экспериментальной физики Варшавского университета | Institute of Experimental Physics of Warsaw University | http://en.ifd.fuw.edu.pl/), 1085

UW (Варшавский университет | University of Warsaw | http://www.uw.edu.pl/), 1136, 1083

WUT (Варшавский политехнический университет | Warsaw University of Technology | http://www.pw.edu.pl/), 1085, 1088

Вроцлав

UW (Вроцлавский университет | University of Wroclaw | http://www.uni.wroc.pl/), 1138, 1146

WUT (Вроцлавский технологический университет | Wroclaw University of Science and Technology | http://www.pwr.edu.pl/), 1137

Гданьск

GUT (Гданьский политехнический университет | Gdańsk University of Technology | http://pg.edu.pl/), 1146

Катовице

US (Силезский университет в Катовицах | University of Silesia in Katowice | http://www.us.edu.pl/), 1135

Краков

AGH (Научно-технический университет | University of Science and Technology | http://www.agh.edu.pl/), 1083, 1088

AGH-UST (Горно-металлургическая академия им. Станислава Сташика в Кракове Научно-технический университет | AGH University of Science and Technology | http://www.agh.edu.pl/), 1083

INP PAS (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, 1088, 1146

JU (Ягеллонский университет в Кракове | Jagiellonian University in Kraków | http://www.uj.edu.pl/), 1138

Лодзь

UL (Лодзинский университет | University of Lódź | http://www.uni.lodz.pl/), 1146

Люблин

UMCS (Университет им. Марии Кюри-Склодовской | Marie Curie-Sklodowska University in Lublin | http://www.umcs.pl/), 1136, 1146

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

Ополе

UO (Опольский университет | University of Opole | http://www.uni.opole.pl/), 1146

Отвоцк (Сверк)

NCBJ (Национальный центр ядерных исследований | National Centre for Nuclear Research | http://www.ncbj.gov.pl/), 1135, 1136, 1083, 1085, 1088, 1146

Познань

AMU (Университет им. Адама Мицкевича в Познани | Adam Mickiewicz University in Poznań | http://www.amu.edu.pl/), 1146

Португалия

Авейру

UA (Авейрусский университет | 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

Пхохан

PAL (Пхоханская ускорительная лаборатория | Pohang Accelerator Laboratory | http://pal.postech.ac.kr/), 1146

Сеул

Dawonsys (Компания "Dawonsys Co., Ltd" | Company "Dawonsys Co., Ltd" | http://www.dawonsys.com/), 1146

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

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/), 1083, 1088

Тэджон

IBS (Институт фундаментальных наук | Institute for Basic Science | http://www.ibs.re.kr/), 1136, 1130

KAERI (Корейский исследовательский институт атомной энергии | Korea Atomic Energy Research Institute | http://www.kaeri.re.kr/), 1146

KIST (Корейский институт научной и технологической информации | Korea Institute of Science and Technology Information | https://eng.kist.re.kr/kist_eng/main/), 1083, 1088

Чонджу

JBNU (Национальный университет Чонбук | Chonbuk National University | http://www.cbnu.edu/eng/), 1136, 1088

Чхонджу

CBNU (Чунгбукский национальный университет | Chungbuk National University | http://www.cbnu.ac.kr/), 1088

Россия

Архангельск

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, 1119, 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

БелГУ /BelSU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный национальный

исследовательский университет" | Belgorod National Research State University | http://www.bsu.edu.ru/), 1065, 1087, 1097, 1150, 1139

Эрэнди Вакуум (ООО "Эрэнди Вакуум" | LLC "Erendi Vakuum"), 1150

Борок

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

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 the Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences" | http://www.ifz.ru/), 1077

Владивосток

ДВФУ /FEFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный федеральный университет" | Far Eastern Federal University | http://dvfu.ru/), 1135, 1136, 1137, 1147, 1077, 1119, 1139, A003

ИАПУ ДВО РАН /IACP FEB RAS/ (Федеральное бюджетное государственное 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

ВТС "Баспик" /VTC "Baspik"/ (Общество с ограниченной ответственностью "Владикавказский Технологический Центр "Баспик" | Vladikakaz Technological Centre "Baspik" | http://baspik.all.biz/), 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

ВГУ /VSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный университет" | Voronezh State University | http://www.vsu.ru/), 1138, 1146, 1130, 1100, 1119, 1139

Гатчина

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, 1083, 1085, 1088, 1150, 1146, 1100, 1119

Грозный

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 им. А.А. Кадырова" | Kadyrov Chechen State University | https://chesu.ru/en/), 1139

Димитровград

ГНЦ НИИАР /SSC RIAR/ (Акционерное общество "Государственный научный центр - Научно-исследовательский институт атомных реакторов" Предприятие госкорпарации "Росатом" | Joint Stock Company "State Scientific Centre Research Institute of Atomic Reactors" Rosatom State Nuclear Energy Corporation | http://www.niiar.ru/), 1130

Долгопрудный

МФТИ /MIPT/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) " | Moscow Institute of Physics and Technology (State University) | http://mipt.ru/), 1065, 1149-2, 1149-3, 1136, 1138, 1066, 1146, 1132, 1107, 1131, 1139, 1117

Донецк

ДонФТИ /DonIPE/ (Государственное учреждение "Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина" | Donetsk Institute for Physics and Engineering named after A.A. Galkin | http://www.donfti.ru/), 1146

Дубна

Гос. ун-т "Дубна" /Dubna Univ./ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Университет "Дубна" | Dubna State University | http://www.uni-dubna.ru/), 1118, 1149-2, 1149-3, 1135, 1146, 1100, 1119, 1139

Диамант /Diamant/ (Общество с ограниченной ответственностью "Диамант" | Diamant LLC | http://diamant-sk.ru/), 1146

ИПИ "Омега" /IAS "Omega"/ (Общество с ограниченной ответственностью "Институт перспективных исследований "Омега" | Institute for Advanced Studies "Omega" | http://dubna-oez.ru/), 1150, 1107

ИФТП /IPTP/ (Акционерное общество "Институт физико-технических проблем" госкорпорации "Росатом" | Institute of Physical and Technical Problems JSC | https://iftp.ru/), 1150, 1130, 1107

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 им. 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://msu-dubna.ru), 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

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

УрФУ /UrFU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Уральский федеральный университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина" (Уральский политехнический университет) | Urals Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin | http://urfu.ru/), 1149-2, 1146, 1139

Елыкаево

Сириус. Кузбасс /Sirius. Kuzbass/ (Государственное автономное учреждение дополнительного образования Кемеровской области "Региональный центр выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей и молодежи "Сириус. Кузбасс" | Regional center for search, supporting and developing abilities and talents among children and youth "Sirius. Kuzbass" | https://kemsirius.ru/), 1146

Жуковский

ТЕХНОЛОГИЯ /TECHNOLOGY/ (Общество с ограниченной ответственностью "ТЕХНОЛОГИЯ" | LLC "TECHNOLOGY" | https://geliy24.ru/), 1065

ЭМЗ им. В.М. Мясищева /MDB/ (Акционерное общество "Экспериментальный машиностроительный завод им. В.М. Мясищева" | Joint Stock Company "Myasishchev Design Bureau" | http://www.emz-m.ru/), 1083

Иваново

ИвГУ /ISU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановский государственный университет" | Ivanovo State University | http://ivanovo.ac.ru/), 1139

ИГХТУ /ISUCT/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановский государственный химико-технологический университет" | Ivanovo State University of Chemistry and Technology | http://isuct.ru/), 1146, 1131

Ижевск

УдГУ /UdSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Удмуртский государственный университет" | Udmurt State University | http://udsu.ru/), 1146

Иркутск

ИГУ /ISU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Иркутский государственный университет" | Irkutsk State University | http://isu.su/), 1148, 1135, 1099, 1119, 1139

ИДСТУ СО РАН /ISDCT SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт динамики систем и теории управления им. 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

Компрессормаш /Compressormash/ (Открытое акционерное общество "Казанский завод компрессорного машиностроения "Казанькомпрессормаш" | Open Joint Stock Company "Kazancompressormash" | http://compressormash.ru/), 1065

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 Productio 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

БФУ им. И. Канта /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

Кострома

КГУ /KSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромской государственный университет им. Н.А. Некрасова" | Kostroma State University | http://ksu.edu.ru/), 1139

Краснодар

КубГУ /KSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный университет" | Kuban State University | http://kubsu.ru/), 1131, 1139

Красноярск

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 | http://www.sfu-kras.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

"Азимут-Фотоникс" /"Azimuth-Photonics"/ (ООО "Компания "АЗИМУТ ФОТОНИКС" | "Azimuth-Photonics" | http://www.azimp.ru/), 1086

"Квант-Р"/"Kvant-R"/ (Общество с ограниченной ответственностью "Квант-Р" | "Kvant-R" Ltd.), 1107

"СНИИП" /"SNIIP"/ (Акционерное Общество "Специализированный научно-исследовательский институт приборостроения" | JSC "SNIIP" | https://www.sniip.ru/), 1146

"ФОМОС-МАТЕРИАЛС" /"FOMOS-MATERIALS"/ (Открытое акционерное

общество (ОАО) "ФОМОС-МАТЕРИАЛС" | Open Joint Stock Company "FOMOS-MATERIALS" | http://newpiezo.com/), 1086
АО "ДЦ "Кристал" Акционерное общество "Дизайн-центр "Кристал" | Joint-stock company "Design Center "Crystal", 1126
АО "МНРХУ" /SC "IASRWA"/ (Акционерное общество "Межобластное научно-реставрационное художественное управление" | Interregional Agency for Scientific Restoration of Works of Art | http://mnrhu.ru/), 1146
АО "ВНИИНМ" /SC "VNIINM"/ (Акционерное общество "Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара | Stock Company "A.A. Bochvar High-Technology Research Institute of Inorganic Materials" | http://www.bochvar.ru/), 1149-1, 1149-4
ВНИИА /VNIIA/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. А.Л. Духова" Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом" | Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Research Institute of Automatics" Russian Federal Atomic Energy Agency | http://www.vniia.ru/), 1146
ВЭИ /VEI/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский электротехнический институт им. В.И.Ленина" | Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Electrotechnical Institute" | 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/ (Открытое акционерное общество "Научно-производственное объединение "ГЕЛИЙМАШ" | Open Joint Stock Company "Researching 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
ГИН РАН /GIN RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Геологический институт Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Geological Institute of the Russian Academy of Sciences" | http://www.ginras.ru/), 1146
ГНЦ Ин-т иммунологии / Inst. Immunology / (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
ГПКС /RSCC/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Космическая связь" | Federal State Unitary Enterprise "Russian Satellite Communications Company" | http://www.rscc.ru/), 1118
ГСПИ /SSDI/ (Акционерное общество "Государственный специализированный проектный институт" | Joint Stock Company "State Specialized Design Institute" | http://aogspi.ru/), 1149-1
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/), 1037
ИВНД и НФ РАН /IHNA Ph RAS/ (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

ИК РАН /IC RAS/ (Федеральное государственное учреждение "Федеральный научно-исследовательский центр Кристаллография и фотоника" Российской академии наук" | Federal State Institution "Federal Research Center "Crystallography and Photonics" of the Russian Academy of Sciences" | https://kif.ras.ru/), 1149-2

ИКИ РАН /IKI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт космических исследований Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences" | http://www.iki.rssi.ru/), 1146, 1077

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/), 1037

ИНМИ РАН /INMI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Winogradsky Institute of Microbiology of the Russian Academy of Sciences" | http://www.inmi.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

ИНЭУМ /INEUM/ (Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука | Institute of Electronic Control Computes named after I.S. Bruk | http://www.ineum.ru/), 1149-1

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 “Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "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 "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" | http://www.mitp.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, 1118, 1135, 1138, 1066, 1081, 1083, 1087, 1088, 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

Криогенмаш /Cryogenmash/ (Публичное акционерное общество криогенного машиностроения "Криогенмаш" | Public Joint Stock Company "Cryogenmash" | http://cryogenmash.ru/), 1065

Марафон /Marafon/ (ООО "Марафон" | LLC "Marafon" | http://www.marathon.ru/), 1150

МГИМО /MGIMO/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации" | Moscow State Institute of International Relations | https://mgimo.ru/), 1037

МГМУ /Sechenov Univ./ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова" | I.M. Sechenov First Moscow State Medical 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, 1138, 1081, 1087, 1146, 1130, 1147, 1077, 1132, 1119, 1131, 1139, 1117, A002, A004

МИАН /MI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Steklov Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences" | http://www.mi.ras.ru/), 1138, 1117

МИРЭА /MIREA/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники - Российский технологический университет" | Moscow State University Information Technology, Radioengineering and Electronics - 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/), 1149-2, 1146

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

МПГУ /MPGU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский педагогический государственный университет" | Moscow State Pedagogical University | http://mpgu.su/home/), 1131

МСК-IX /MSK-IX/ (Акционерное общество "Центр взаимодействия компьютерных сетей "МСК-IX" | Joint-stock company "Center of interaction of computer networks “MSK-IX” | https://www.msk-ix.ru/), 1118

МСЦ РАН /JSCC RAS/ (Межведомственный суперкомпьютерный центр Российской академии наук – филиал Федерального государственного учреждения "Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук" | Joint SuperComputer Center of the Russian Academy of Sciences – Branch of Federal State Institution "Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences" | https://www.jscc.ru), 1118

НИВЦ МГУ /RCC MSU/ (Научно-исследовательский вычислительный центр Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова | Research Computing Center Lomonosov Moscow State University | http://www.srcc.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 "Research Institute of Vaccines and Serums named after I.I. Mechnikov" | 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, 1083, 1088, 1096, 1086, 1099, 1146, 1130, 1119, 1107, 1117

НИКИЭТ /NIKIET/ (Акционерное общество “Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н.А. Доллежаля” | Joint Stock Company “N.A. Dollezhal Research and Development Institute of Power Engineering” | http://www.nikiet.ru/), 1149-1, 1149-4, 1083

НИУ "МЭИ" /MPEI/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Московский энергетический институт" | National Research University "Moscow Power Engineering Institute" | http://mpei.ru/), 1118, 1139

НИУ ВШЭ /NRU 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, 1119, 1037, 1139, 1117

НИЦ КИ /NRC KI/ (Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" | National Research Centre "Kurchatov Institute" | http://www.nrcki.ru/), 1065, 1118, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1136, 1087, 1088, 1097, 1146, 1130, 1077

НИЯУ "МИФИ" /NNRU "MEPhI"/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский ядерный университет "Московский инженерно-физический институт" | National Nuclear Research University "MEPhI" | http://www.mephi.ru/), 1065, 1118, 1149-2, 1136, 1066, 1088, 1100, 1119, 1107, 1126, 1139, A003

НМИЦ онкологии/ NMRC Oncology/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина" | N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology | https://www.ronc.ru/), A005

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 | http://www.jiht.ru/), 1107

ПИН РАН /PIN RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка Российской Академии наук" | Paleontological Institute of the Russian Academy of Sciences | http://www.paleo.ru/), 1149-2, 1077

РИЭПП /RIEPL/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Российский научно-исследовательский институт экономики, политики и права в научно-технической сфере" | Russian Research Institute of Economics, Politics and Law in Science and Technology | https://riep.ru/), 1037

РНИМУ /RSMU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова" Министерства здравоохранения Российской Федерации | Pirogov Russian National Research Medical University | https://rsmu.ru/), 1131

РНТОРЭС /RSTSREC/ (Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова | Popov Russian Scientific and Technical Society of Radio Engineering, Electronics and Communications | http://www.rntores.ru), 1119

РУДН /PFUR/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет дружбы народов" | Peoples' Friendship University of Russia | http://www.rudn.ru/), 1137, 1119, 1107, 1131, 1037, 1139

РЭУ/ PRUE/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова" | Plekhanov Russian University of Economics | https://www.rea.ru/), 1065, 1118

СИСТЕМАТОМ /SYSTEMATOM/ (Закрытое акционерное общество "Специализированные научно-исследовательские приборы системы ядерной и радиационной безопасности" | Closed Joint Stock Company "Nuclear and Radiation Safety Systems" | http://www.systematom.ru/), 1149-1

Сколтех/Skoltech/ (Автономная некоммерческая образовательная организация высшего профессионального образования "Сколковский институт науки и технологий" | Skolkovo Institute of Science and Technology | https://www.skoltech.ru/), 1138, 1117

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, 1081, 1083, 1087, 1096, 1097, 1150, 1100, 1119, 1117

ФИЦ "Почвенный ин-т" /DSSI/ (ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В.В. Докучаева" | V.V. Dokuchaev Soil Science Institute | http://www.esoil.ru/), 1146

ФИЦ ИУ РАН / 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" | http://www.frccsc.ru/), 1118

ФИЦ ХФ РАН /ICP RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук" | Semenov Institute of Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences | http://chph.ras.ru/), 1149-2, 1107

ФМБА России /FMBA Russia/ (Федеральное медико-биологическое агентство (ФМБА России) | Federal Medical-Biological Agency (Russia) | https://fmba.gov.ru/), 1127

ФМБЦ /FMBC/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна" ФМБА России | Russian State Research Center − Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency | http://fmbafmbc.ru/), 1077, 1107, 1131, 1127

ФЦМН ФМБА /FCBN FMBA/ (ФГБУ "Федеральный центр мозга и нейротехнологий" Федерального медико-биологического агентства | Federal Center for Brain and Neurotechnologies of the Federal Medical and Biological Agency | https://фцмн.рф/), 1077

Москва, Зеленоград

"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" | Joint Stock Company "Research Institute of Material Science and Technology" | http://www.niimv.ru/), 1086

Москва, Троицк

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, 1096

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, 1083, 1087, 1088, 1096, 1151, 1097, 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" Federal State Budgetary Institution of Science "P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences" |http://www.lebedev.ru/), 1097

Нейтрино

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 Российской академии наук" | Federal Research Center Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences | http://www.iapras.ru/), 1129, 1127

ИФМ РАН /IPM RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт физики микроструктур Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Institute for Physics of Microstructures of the Russian Academy of Sciences" | http://ipmras.ru/), 1149-2, 1146

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

ННГУ /UNN/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" | N.I. Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (National Research University) | http://www.unn.ru/), 1149-2

Новосибирск

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 СО РАН | Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS | 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 "A.V. Rzhanov Institute of Semiconductor Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" | http://www.isp.nsc.ru/), 1137, 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, 1088, 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

НТЛ "Заряд" /STL "Zaryad"/ (Городская общественная организация Научно-техническая лаборатория "Заряд"| STL "Zaryad), 1065

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 нау"| Synchrotron Radiation Facility - Siberian Circular Photon Source "SKlF" Boreskov Institute of Catalysis of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences | https://srf-skif.ru) , 1118

Новочеркасск

ЮРГПУ НПИ /SRSPU NPI/ (Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова | South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov | https://www.npi-tu.ru/), 1065, 1139

Обнинск

МРНЦ /NMRRC/ (Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения "Национальный медицинский исследовательский центр радиологии" Минздрава России | A.Tsyb National Medical Research Radiological Center | https://mrrc.nmicr.ru/), 1077, 1107

ФЭИ /IPPE/ (Акционерное общество "Государственный научный центр Российской Федерации - Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского" | Joint Stock Company "State Scientific Centre of the Russian Federation - Institute of Physics and Power Engineering" | http://www.ippe.ru/), 1149-4, 1146

Омск

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

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" | http://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

КамГУ /KSU/ (Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга | Kamchatsky State University named after Vitus Bering | https://www.kamgu.ru/), 1119, 1127, 1139

КФ ФИЦ ЕГС РАН /FRC GC RAS/ (Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Единая геофизическая служба Российской академии наук" | "Kamchatka branch of the Federal Research Center "Geophysical Service of Russian Academy of Sciences" | https://www.emsd.ru/), 1126, 1127

Протвино

ИФВЭ /IHEP/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Институт физики высоких энергий им. 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, 1083, 1085, 1087, 1088, 1096, 1086, 1119, 1126, 1117

Пущино

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" | http://web.iteb.ru/), 1107, 1127

ИФХиБПП РАН /IPCBP SS RAS/ (Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН | Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences | https://issp.pbcras.ru), 1077

Ростов-на-Дону

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

СамГУ /SSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный университет" | Samara State University | http://samsu.ru/), 1119

СУ /SU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королева" | Samara National Research University | http://www.ssau.ru/), 1065, 1118, 1139

Санкт-Петербург

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, 1130

ИВС РАН /IMC RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "Institute of macromolecular Compounds of the Russian Academy of Sciences" | http://macro.ru/), 1149-2

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 | http://www.niif.spbu.ru/), 1118, 1087, 1088, 1146

НИИЭФА /NIIEFA/ (Акционерное общество "Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова" | D.V. Efremov Scientific Research Institute of Electrophysical Apparatus | http://www.niiefa.spb.su/), 1129

ПОМИ РАН /PDMI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Санкт-Петербургское отделение Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "St.Petersburg Department of V.A. Steklov Institute of Mathematics of the Russian Academy of Sciences" | http://www.pdmi.ras.ru/pdmi/), 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

РИ /KRI/ (Акционерное общество "Радиевый институт им. В.Г. Хлопина" | V.G. Khlopin Radium Institute | http://www.khlopin.ru/), 1146, 1130

СЗОНКЦ /NWRSCC/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение "Северо-Западный окружной научно-клинический центр им. Л.Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства" | North-West Regional Scientific and Clinical Center named after L.G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency | https://med122.com/), 1126

СПбГЛТУ /SPSFTU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова" | Saint Petersburg State Forest Technical University | http://spbftu.ru/), 1146

СПбГМТУ (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" | Saint Petersburg Polytechnic University Peter the Great | 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/), 1126

СПГУ /SPMU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" | https://www.spmi.ru/), 1146

Университет ИТМО /ITMO University/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" | National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics | 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 "Электрон" /Electron/ (Акционерное общество "Центральный научно-исследовательский институт "Электрон" | Joint Stock Company "National Research Institute "Electron" | http://www.electron.spb.ru/), 1083

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

СГУ /SSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского" | N.G. Chernyshevsky Saratov State University | http://www.sgu.ru/), 1136, 1137, 1119, 1127, 1117

Саров

РФЯЦ-ВНИИЭФ /RFNC-VNIIEF/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Российский Федеральный Ядерный Центр" – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики | "Russian Federal Nuclear Centre" – All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics | http://www.vniief.ru/), 1088, 1150, 1130

Филиал МГУ /MSU Branch/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова Филиал МГУ в г. Саров | Federal State Budget Educational Institution of Higher Education M.V. Lomonosov Moscow State University MSU Branch in Sarov | https://sarov.msu.ru/), 1119

Севастополь

ИнБЮМ /IBSS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН" | Federal Research Center "A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS" | http://imbr-ras.ru/), 1146

Смоленск

СмолГУ /SSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Смоленский государственный университет" | Smolensk State University | http://www.smolgu.ru/), 1087, 1139

Снежинск

РФЯЦ-ВНИИТФ /RFNC-VNIITF/ (Федеральное государственное унитарное предприятие "Российский Федеральный Ядерный Центр" – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. акад. Е.И. Забабахина | Russian Federal

Nuclear Centre - All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics | http://www.vniitf.ru/), 1149-4, 1083

Сосновый Бор

АО СПИИ "ВНИПИЭТ" /JSC SPII "VNIPIET/" (Акционерное общество "Восточно-Европейский головной научно-исследовательский и проектный институт энергетических технологий" | All-Russian Scientific Research And Design Institute of Energy Technology | http://ru.vnipiet.ru/), 1130

Сочи

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

СКФУ /NCFU/ (Северо-Кавказский Федеральный Университет | North-Caucasus Federal University | https://ncfu.ru/), 1149-2

Старая Ладога

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

СФ БашГУ /SB BSU/ (Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета | Sterlitamak branch of the Bashkir State University | http://strbsu.ru/), 1149-2

Сыктывкар

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

Тверь

ТвГУ /TvSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тверской государственный университет" | Tver State University | http://tversu.ru/), 1119

Томск

ТГПУ /TSPU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Томский государственный педагогический университет" | Tomsk State Pedagogical University | http://www.tspu.edu.ru/), 1138

ТГУ /TSU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Томский государственный университет" | National Research Tomsk State University | http://www.tsu.ru/), 1065, 1129, 1083, 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/), 1149-2, 1136, 1137, 1138, 1083, 1087, 1096, 1150, 1119, 1107, 1126, 1139

Тула

ТулГУ /TSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тульский государственный университет" | Tula State University | http://tsu.tula.ru/), 1149-2, 1146, 1119, 1139

Тюмень

ТюмГУ /UTMN/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский государственный университет" | University of Tyumen | https://www.utmn.ru/), 1149-2

Фрязино

ИСТОК /ISTOK/ (Акционерное общество "Научно-производственное предприятие "ИСТОК" им. Шокина" | Joint Stock Company "Research and Production Corporation "ISTOK" named after Shokin" | http://www.istokmw.ru/), 1065

Хабаровск

ТОГУ / PNU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тихоокеанский государственный университет" | Pacific National University | http://pnu.edu.ru/), 1136

Челябинск

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/), 1149-2, 1077, 1119

Черноголовка

ИСМАН РАН /ISMAN RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук" | Federal State Budgetary Institution of Science "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 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" | http://www.icp.ac.ru/), 1118

Якутск

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/), 1147, 1139

Ярославль

ЯрГУ /YSU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова" | P.G. Demidov Yaroslavl State University | https://www.uniyar.ac.ru), 1139

Румыния*

Бая-Маре

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

IFIN-HH (Национальный научно-исследовательский институт физики и ядерной инженерии "Хория Хулубей" | Horia Hulubei National Institute of Physics and Nuclear Engineering | http://www.ifin.ro/), 1149-1, 1149-3, 1136, 1087, 1088, 1096, 1146, 1130

IGR (Геологический институт Румынии | Geological Institute of Romania | https://igr.ro), 1146

INCDIE ICPE-CA (Национальный научно-исследовательский институт электротехники | 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

DJUG (Университет "Dunărea de Jos" в Галац | "Dunarea de Jos" University of Galaţi | http://www.ugal.ro/), 1146

Клуж-Напока

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 | http://www.acad-cluj.ro/), 1149-2

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

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

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

Крайова

UC (Крайовский университет | University of Craiova | https://www.ucv.ro/en/), 1149-2

Мэгуреле

ISS (Институт космических исследований | Institute of Space Science | https://www2.spacescience.ro/), 1087, 1088, 1099, 1146

NIMP (Национальный институт физики материалов | National Institute of Materials Physics | http://www.infim.ro/), 1149-2

Орадя

UO (Университет Орадя | University of Oradea | http://www.uoradea.ro/), 1146

Питешти

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

Рымнику-Вылча

ICSI (Национальный научно-исследовательский институт криогенных и изотопных технологий | National Research and Development Institute for Cryogenics and Isotopic Technologies | http://www.icsi.ro/), 1146

Сибиу

ULBS (Университет "Лучиан Блага" в Сибиу | Lucian Blaga University of Sibiu | https://www.ulbsibiu.ro/ro/), 1146

Тимишоара

ICT (Химический институт им. Кориолана Драгулеску | "Coriolan Drăgulescu" Institute of Chemistry | http://acad-icht.tm.edu.ro/), 1149-2

ISIM (Национальный научно-исследовательский институт сварки и испытаний материалов | National R&D Institute for Welding and Materials Testing - ISIM Timisoara | http://www.isim.ro/), 1149-2

UVT (Западный университет Тимишоара | West University of Timişoara | http://www.uvt.ro/), 1149-2, 1137, 1146

Тулчя

DDNI (Национальный научно-исследовательский институт "Дельта Дуная" | "Danube Delta" National Institute for Research and Development | http://www.ddni.ro/), 1149-2

Тырговиште

VUT (Университет "Валахия" в Тырговиште | "VALAHIA" University of Târgovişte | http://www.valahia.ro/), 1149-2, 1149-3, 1146

Яссы

IULS (Яссский университет естественных наук "Ион Ионеску де ла Брад" | "Ion Ionescu de la Brad" Iaşi University of Life Sciences | https://iuls.ro/), 1149-2

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

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

INS "VINČA" (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

IORS (Институт онкологии и радиологии Сербии | Institute of onkology and radiology of Serbia | https://www.ncrc.ac.rs/), 1077
IPB (Институт физики Белградского университета | Institute of Physics Belgrade of the University of Belgrade | http://www.phy.bg.ac.rs/), 1136, 1146
Ун-т /Univ./ (Белградский университет | University of Belgrade | http://www.bg.ac.rs/), 1146, 1147, 1077, 1119

Крагуевац

UniKg (Крагуевацкий университет | University of Kragujevac | https://en.kg.ac.rs/), 1077

Ниш

Ун-т /Univ./ (Нишский университет | University of Nis | https://www.ni.ac.rs/en), 1138, 1117

Нови-Сад

UNS (Нови-Садский университет | University of Novi Sad | http://www.uns.ac.rs/), 1129, 1149-2, 1066, 1146, 1126, 1139

Сремска Каменица

Educons Univ. (Университет Эдуконс | Educons University | https://educons.edu.rs/), 1139

Словакия*

Банска Бистрица

UMB (Университет Матея Бела | Matej Bel University | http://www.umb.sk/), 1086

Братислава

CU (Университет им. Коменского в Братиславе | Comenius University in Bratislava | http://uniba.sk/), 1148, 1135, 1136, 1137, 1081, 1088, 1096, 1099, 1146, 1130, 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, 1127
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, 1146

Жилина

UNIZA (Жилинский университет | University of Žilina | http://www.uniza.sk/), 1097

Кошице

IEP SAS (Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук в Кошице | Institute of Experimental Physics of the Slovak Academy of Sciences in Košice | http://wwwnew.saske.sk/uef/), 1118, 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

Нова-Дубница

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

INEEL (Национальная лаборатория по инженерным разработкам и окружающей среде | Idaho National Engineering and Environmental Laboratory | http://www.inl.gov/), 1100

Айова-Сити

UIowa (Айовский университет | University of Iowa | http://www.uiowa.edu/), 1083

Амхерст

UMass (Университет шт. Массачусетс в Амхерсте | University of Massachusetts Amherst | https://www.umass.edu/), 1100

Аптон

BNL (Брукхейвенская национальная лаборатория | Brookhaven National Laboratory | http://www.bnl.gov/), 1118, 1066, 1096, 1097

Арлингтон

UTA (Университет шт. Техас в Арлингтоне | University of Texas Arlington | http://www.uta.edu/), 1118, 1119

Балтимор

JHU (Университет Дж. Хопкинса | Johns Hopkins University | http://www.jhu.edu/), 1083

Батавия

Fermilab (Национальная ускорительная лаборатория им. Э. Ферми | Fermi National

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

Accelerator Laboratory | http://www.fnal.gov/), 1118, 1083, 1099

Беркли

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

IU (Индианский университет в Блумингтоне | Indiana University Bloomington | http://www.iub.edu/), 1066

Бостон

BU (Бостонский университет | Boston University | http://www.bu.edu/), 1083, 1096

NU (Северо-восточный университет | Northeastern University | http://www.northeastern.edu/), 1083

Боулдер

CU (Университет шт. Колорадо в Боулдере | University of Colorado at Boulder | http://www.colorado.edu/), 1083

Буффало

UB (Университет штата Нью-Йорк в Буффало | University at Buffalo of the State University of New York | http://www.buffalo.edu/), 1083

Вильямсбург

W&M (Колледж Вильгельма и Марии | College of William & Mary | http://www.wm.edu/), 1097

Гейнсвилл

UF (Университет Флориды | University of Florida | http://www.ufl.edu/), 1083

Дарем, NC

Duke (Университет Дьюка | Duke University | http://www.duke.edu/), 1146

Дейвис

UCDavis (Университет шт. Калифорния | University of California, Davis | http://ucdavis.edu/), 1083

Детройт

WSU (Университет Уэйна | Wayne State University | http://wayne.edu/), 1083, 1088

Индианаполис

IUPUI (Индианский университет - Университета Пердью Индианаполис | Indiana University - Purdue University Indianapolis | http://www.iupui.edu/), 1099

Итака

Cornell Univ. (Корнеллский университет | Cornell University | http://www.cornell.edu/), 1083

Кембридж, MA

Harvard Univ. (Гарвардский университет | Harvard University | http://www.harvard.edu/), 1099

MIT (Массачусетский технологический институт | Massachusetts Institute of Technology | http://www.mit.edu/), 1083, 1086, 1100

Колледж-Парк

UMD (Мэрилендский университет в Колледж-Парке | University of Maryland | http://www.umd.edu/), 1138, 1083

Колледж-Стэйшн

Texas A&M (Техасский университет A&M | Texas A&M University | http://www.tamu.edu/), 1083

Колумбия, SC

UofSC (Университет Южной Каролины | University of South Carolina | https://sc.edu/), 1099

Колумбус

OSU (Университет шт. Огайо | Ohio State University | http://www.osu.edu/), 1083, 1088

Корал Габлс

UM (Университет Майами | University of Miami | http://welcome.miami.edu/), 1138

Лаббок

TTU (Техасский технологический университет | Texas Tech University | http://www.ttu.edu/), 1083

Лемонт

ANL (Аргоннская национальная лаборатория | Argonne National Laboratory | http://www.anl.gov/), 1066, 1081

Ливермор

LLNL (Ливерморская национальная лаборатория им. Э. Лоуренса | Lawrence Livermore National Laboratory | http://www.llnl.gov/), 1083

Линкольн

UNL (Университет Небраски-Линкольна | University of Nebraska-Lincoln | http://www.unl.edu/), 1083

Лоренс

KU (Канзасский университет | University of Kansas | http://www.ku.edu/), 1083

Лос-Аламос

LANL (Лос-Аламосская национальная лаборатория | Los Alamos National Laboratory;

Meson Physics Facility (LAMPF) | http://www.lanl.gov/), 1085, 1088, 1146

Лос-Анджелес

UCLA (Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе | University of California, Los Angeles | http://www.ucla.edu/), 1083

Манхеттен

KSU (Канзасский университет | Kansas State University | https://ksiteonline.com/), 1083

Менло-Парк

SLAC (Национальная ускорительная лаборатория Стенфорского университета | SLAC National Accelerator Laboratory is Operated by Stanford University | http://www6.slac.stanford.edu/), 1096

Мерсед

UCMerced (Калифорнийский университет в Мерседе | University of California, Merced Madison | http://www.ucmerced.edu/), 1096

Миннеаполис

U of M (Миннесотский университет | University of Minnesota | http://twin-cities.umn.edu/), 1083

Мэдисон

UW-Madison (Висконсинский университет в Мадисоне | University of Wisconsin-Madison | http://www.wisc.edu/), 1083

Нашвилл

VU (Университет Вандербильта | Vanderbilt University | http://www.vanderbilt.edu/), 1083

Ноксвилл

UTK (Университет шт. Теннесси | University of Tennessee of Knoxville | http://www.utk.edu/), 1083, 1088

Норфолк

NSU (Норфолкский университет | Norfolk State University | http://www.nsu.edu/), 1097

Нотр-Дам

ND (Университет Нотр-Дам | University of Notre Dame | http://www.nd.edu/), 1136, 1083

Нью-Брансуик

RU NB (Ратгерский университет в Нью-Брансуик | Rutgers University New Brunswick | https://newbrunswick.rutgers.edu/), 1083

Нью-Йорк

CUNY (Городской университет Нью-Йорка | City University of New York | http://www2.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

JLab (Национальная ускорительная лаборатория им. Т. Джефферсона; Ассоциация Юго-восточных университетов | Thomas Jefferson National Accelerator Facility; Southeastern Universities Research Association (SURA) | http://www.jlab.org/), 1097

Нью-Хейвен

Yale Univ. (Йельский университет | Yale University | http://www.yale.edu/), 1066, 1088

Ок-Ридж

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

Creighton Univ. (Крейтонский университет | Creighton University | https://www.creighton.edu/), 1088

Остин

UT (Техасский университет в Остине | University of Texas at Austin | http://www.utexas.edu/), 1088, 1100

Пасадена

Caltech (Калифорнийский технологический институт | California Institute of Technology | http://www.caltech.edu/), 1137, 1083

Питтсбург

CMU (Университет Карнеги-Меллон |Carnegie Mellon University http://www.cmu.edu/), 1083

Принстон

PU (Принстонский университет; Физическая лаборатория им. Дж. Генри | Princeton University; Joseph Henry Laboratories of Physics | http://www.princeton.edu/), 1083

Провиденс

Brown (Брауновский университет | Brown University | https://www.brown.edu/), 1083

Риверсайд

UCR (Калифорнийский университет в Риверсайде | University of California, Riverside | http://www.ucr.edu/), 1083

Рочестер

UR (Рочестерский университет | University of Rochester | http://www.rochester.edu/), 1083

Сан-Диего

SDSU (Университет штата Калифорния в Сан-Диего | San Diego State University | http://www.sdsu.edu/), 1083

Сан-Луис-Обиспо
Cal Poly (Калифорнийский политехнический университет | California Polytechnic State University | https://www.calpoly.edu/), 1088

Санта-Барбара
UCSB (Калифорнийский университет в Санта-Барбаре | University of California, Santa Barbara | https://www.universityofcalifornia.edu/), 1083

Таллахасси
FSU (Университет шт. Флорида | Florida State University | http://www.fsu.edu/), 1083

Тампа
USF (Университет Южной Флориды | University of South Florida | https://www.usf.edu/), 1132

Таскалуса
UA (Алабамский университет | University of Alabama | http://www.ua.edu/), 1083, 1100

Уэйко
BU (Бэйлорский университет | Baylor University | http://www.baylor.edu/), 1135, 1083

Уэст-Лафейетт
Purdue Univ. (Университет Пердью | Purdue University | http://www.purdue.edu/), 1083, 1088

Фейрфакс
GMU (Университет им. Джорджа Мэйсона | George Mason University | http://www.gmu.edu/), 1096

Филадельфия
Penn (Пенсильванский университет | University of Pennsylvania | http://www.upenn.edu/), 1138

Хьюстон
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
UNC (Университет Северной Каролины в Чапел-Хилле | University of North Carolina at Chapel Hill | https://www.unc.edu/), 1100

Чикаго
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
UVa (Виргинский университет | University of Virginia | http://www.virginia.edu/), 1083

Эванстон
NU (Северо-западный университет | Northwestern University | http://www.northwestern.edu/), 1083, 1100

Юниверсити-Парк
Penn State (Университет шт. Пенсильвания | Pennsylvania State University | http://www.psu.edu/), 1136, 1066

Таджикистан

Душанбе
НАНТ /NAST/ (Национальная академия наук Республики Таджикистан | National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan | https://anrt.tj/ru/), 1149-2
ТТУ /TTU/ (Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими | Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi | http://ttu.tj/ru/main/), 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

Таиланд

Бангкок
KMUTT (Технологический университет короля Монгкута Тонбури | King Mogkut's University of Technology Thonburi | https://global.kmutt.ac.th/), 1088

Накхонратчасима
SLRI (НИИ Синхротронного Света | Synchrotron Light Research Institute | 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
ASGCCA (Академия Синика Центр сертификации вычислительных сетей | Academia Sinica Grid Computing Certification Authority | http://ca.grid.sinica.edu.tw), 1118

NTU (Национальный университет Тайваня | National Taiwan University | http://www.ntu.edu.tw/), 1083

Таоюань

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

Конья

Karatay Univ. (Университет Каратай | KTO Karatay University | https://www.karatay.edu.tr/), 1088

Стамбул

BU (Босфорский университет | Boğaziçi University | http://www.boun.edu.tr/), 1083

YTU (Технический университет Йылдыз | Yuldiz Technical University | http://www.yildiz.edu.tr/en/), 1083, 1088

Ун-т /Univ./ (Стамбульский университет | Istanbul University| http://www.istanbul.edu.tr/), 1088

Чанаккале

ÇOMU (Университет 18 марта Чанаккале | Çanakkale Onsekiz Mart University | http://www.comu.edu.tr/), 1146

Узбекистан

Джизак

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

НамИТИ /NamMTI/ (Наманганский инженерно-технологический институт | Namangan Institute of Engineering and Technology | http://nammti.uz/), 1136

Паркент

ИМ /IMS/ (Институт Материаловедения НПО “ФИЗИКА-СОЛНЦЕ” Академии наук Республики Узбекистан | Institute of Materials Science of the Physical Technical Institute Association “Physics-Sun” of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan | https://imssolar.uz/), 1077

Самарканд

СамГУ /SamSU/ (Самаркандский государственный университет им. Шарофа Рашидова | Samarkand State University named after Sharof Rashidov | https://www.samdu.uz/), 1136, 1087, 1151, 1139

Ташкент

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/), 1126

ИЯФ АН РУз /INP AS RUz/ (Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан | Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan | http://www.inp.uz/), 1118, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1136, 1097, 1146, 1100, 1077, 1107

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 НПО "Ф.-С. " АН РУз /Assoc. "P.-S. " PTI/ (Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце" им. акад. С.А.Азимова Академии наук Республики Узбекистан | Physical Technical Institute 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, 1097

Финляндия

Йювяскюля

UJ (Университет Йювяскюля | University of Jyväskylä | http://www.jyu.fi/), 1088, 1146

Лаппеэнранта

LUT (Технологический университет Лаппеэнранта | Lappeenranta-Lahti University of Technology | https://www.lut.fi/), 1083

Оулу

UO (Университет Оулу; Лаборатория микроэлектронных приборов | University of Oulu; Microelectronics Instrumentation Laboratory | http://www.oulu.fi/), 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

Анже

UA (Университет Анже | University of Angers | https://www.univ-angers.fr), 1137

Аннеси-ле-Вье

LAPP (Лаборатория физики частиц в Аннеси-ле-вье Национального института ядерной физики и физики частиц Национального центра ядерных исследований | Laboratory of Annecy-la-Vieux for Particles Physics of the National Institute for Nuclear Physics and Particles Physics of the National Centre for Scientific Research | http://lapp.in2p3.fr/), 1138, 1100

Бордо

LP2I (Физическая лаборатория Бордо "Две бесконечности" | Laboratoire de Physique des Deux Infinis de Bordeaux | https://www.lp2ib.in2p3.fr/), 1100

Виллербан

CC IN2P3 (IN2P3 вычислительный центр | IN2P3 Computing Center | https://cc.in2p3.fr/), 1088

Гренобль

CNRS (Национальный центр научных исследований | National Centre of 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 | Laboratore de Physique Subatomique et de Cosmologie | http://lpsc.in2p3.fr/), 1088, 1146

Neel (Институт Нееля | Institute Neel | https://neel.cnrs.fr/), 1100

Жив-сюр-Иветт

CEA (Комиссариат по атомной и альтернативным видам энергии | Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives | https://www.cea.fr/), 1100

Кадараш

CC CEA (Научно-исследовательский центр Уполномоченного по атомной энергии и альтернативным источникам энергии Кадараш | Centre de Recherche du Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives Cadarache | http://cadarache.cea.fr/cad), 1146

Кан

GANIL (Большой национальный ускоритель тяжелых ионов | Grand National Heavy Ion Accelerator | http://www.ganil-spiral2.eu/), 1136

LPC (Лаборатория корпускулярной физики в г. Кан | Laboratoire de physique corpusculaire - Caen | https://www.lpc-caen.in2p3.fr/), 1100

Клермон-Ферран

LPC (Лаборатория корпускулярной физики Университета Блеза Паскаля | Corpuscular Physics Laboratory Clermont-Ferrand of the Blaise Pascal University | http://clrwww.in2p3.fr/), 1081, 1088

Лион

ENS Lyon (Высшая нормальная (педагогическая) школа Лиона; Лаборатория физики | Ecole Normale Supérieure de Lyon; Physics Laboratory | http://www.ens-lyon.fr/), 1138

UL (Лионский университет | Universite de Lyon | http://www.universite-lyon.fr/), 1083, 1088, 1100

Марсель

CPPM (Центр по физике частиц в Марселе | Centre de Physique des Particules de Marselle | http://cpmm.in2p3.fr/), 1118, 1096, 1100

CPT (Центр теоретической физики | Centre of Theoretical Physics | http://www.cpt.univ-mrs.fr/), 1137, 1138

Модан

LSM (Подземная лаборатория Модана | Modane Underground Laboratory | http://www-lsm.in2p3.fr/), 1100

Нант

SUBATECH (Лаборатория субатомной физики и сопутствующих технологий | Subatomic Physics Laboratory and Associated Technologies; UMR/EMN/IN2P3/CNRS/University of Nantes | http://www-subatech.in2p3.fr/), 1138, 1066, 1088

Орсе

CSNSM (Центр по ядерной и масс-спектрометрии | Center for Nuclear and Mass Spectrometry- IN2P3/CNRS | http://www.csnsm.in2p3.fr/), 1100

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, 1088, 1130

IPN Orsay (Институт ядерной физики в Орсе - IN2P3/CNRS | Institute of Nuclear Physics Orsay - IN2P3/CNRS | http://ipnwww.in2p3.fr/), 1097

LAL (Лаборатория линейного ускорителя Университета Париж-Юг 11 - IN2P3/CNRS | Linear Accelerator Laboratory of the University of Paris-Sid 11 - IN2P3/CNRS | http://www.lal.in2p3.fr/), 1081

UP-S (Университет Париж-Сакле | Paris-Saclay University | https://www.universite-paris-saclay.fr/), 1100

Париж

ENS (Высшая нормальная (педагогическая) школа Парижа | École Normale Supérieure Paris | http://www.ens.fr/), 1135, 1138

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 Пьера и Марии Кюри - IN2P3/CNRS | Laboratory of Theoretical Physics and High Energy of the Pierre et Marie Curie - IN2P3/CNRS | http://lpthe.jussieu.fr/), 1151

LUTH (Парижская обсерватория Лаборатории LUTH | Laboratory Universe and Theories, Observatory of Paris | http://www.luth.obspm.fr/), 1138

UPMC (Университет Пьера и Марии Кюри; Институт Анри Пуанкаре - Париж 6 | Pierre et Marie Curie University Henri Poincaré Institute Paris 6 | https://www.sorbonne-universite.fr/), 1135

Сакле

IRFU (Исследовательский институт изучения фундаментальных законов Вселенной | Institute of Research into the Fundamental Laws of the Universe | 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

Страсбург

CRN (Центр ядерных исследований - IN2P3/CNRS | Centre of Nuclear Research - IN2P3/CNRS | http://ireswww.in2p3.fr/), 1099

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, 1146, 1130

Тур

Ун-т /Univ./ (Турский университет | University of Tours | http://www.univ-tours.fr/), 1138

Хорватия

Загреб

Oikon IAE Oikon OOO (Институт прикладной экологии | Oikon Ltd. Institute for Applied Ecology | http://www.oikon.hr/), 1146

RBI (Институт Руджера Бошковича | Rudjer Boskovic Institute | http://www.irb.hr/), 1135, 1083, 1088, 1146

UZ (Загребский университет | University of Zagreb | http://www.unizg.hr/), 1088

Сплит

Ун-т /Univ./ (Сплитский университет | University of Split | http://www.unist.hr/), 1083, 1088

ЦЕРН

Женева

ЦЕРН /CERN/ (Европейская организация по ядерным исследованиям (Швейцария) | European Organization for Nuclear Research (Switzerland) | http://home.cern/), 1118, 1138, 1081, 1083, 1085, 1087, 1088, 1096, 1146, 1119, 1127

Черногория

Подгорица

Ун-т /Univ./ (Университет Черногории | University of Montenegro | http://www.ucg.ac.me/), 1083

Чехия*

Гусинец

ÚJV Řež (Институт ядерных исследований Ржеж | Nuclear Research Institute Řež | https://www.ujv.cz/en), 1149-3

Оломоуц

UP (Университет Палацкого в Оломоуце | Palacky University Olomouc | http://www.upol.cz/), 1065

Острава

VSB-TUO (Высшая горно-металлургическая школа — Остравский технический университет | Technical University of Ostrava | http://www.vsb.cz/), 1146

Прага

CEI (Чешский экологический институт | Czech Environmental Institute | http://www.ceu.cz/), 1146

CTU (Чешский технический университет в Праге | Czech Technical University in Prague | http://www.cvut.cz/), 1148, 1149-2, 1138, 1085, 1088, 1086, 1146, 1100, 1126, 1117

CU (Карлов университет в Праге | Charles University in Prague | http://www.cuni.cz/), 1149-2, 1136, 1081, 1083, 1085, 1096, 1099, 1144, 1100

IEAP CTU (Институт экспериментальной и прикладной физики Чешского технического университета в Праге | Institute of Experimental and Applied Physics of the Czech Technical University in Prague | http://www.utef.cvut.cz/ieap), 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, 1088

Ржеж

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/), 1065, 1149-4, 1066

UJV (Акционерное общество "ÚJV Řež, a.s." (ранее Институт ядерных исследований г. Ржеж) | "ÚJV Řež, a.s. " | http://www.ujv.cz/), 1088

Чили

Арика

UTA (Университет Тарапака | University of Tarapacá | https://www.uta.cl), 1135

Вальпараисо

UTFSM (Технический университет Федерико Санта Мария | Technical University Federico Santa Maria | http://www.usm.cl/), 1065, 1096

Сантьяго

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

Uni Bern (Бернский университет | University of Bern | http://www.unibe.ch/), 1099

Виллиген

PSI (Институт Пауля Шеррера | Paul Scherrer Institute | http://www.psi.ch/), 1149-2, 1083, 1151, 1146, 1130, 1100

Лозанна

EPFL (Федеральная политехническая школа Лозанны | Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne | http://www.epfl.ch/), 1096

Цюрих

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

Chalmers (Технический университет Чалмерса | Chalmers University of Technology | http://www.chalmers.se/), 1136

Лунд

ESS ERIC (Европейский источник на основе расщепления ERIC Лундского университета | European Spallation Source ERIC Lund University | https://europeanspallationsource.se/), 1149-3, 1149-4

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке.

LU (Лундский университет | Lund University | http://www.lu.se/), 1136, 1088

Стокгольм

KTH (Королевский технологический институт | Royal Institute of Technology | http://www.kth.se/), 1135

Уппсала

TSL (Лаборатория Сведберга Уппсальского университета | Svedberg Laboratory of the Uppsala University | http://www.tsl.uu.se/), 1097

Шри-Ланка

Моратува

Ун-т /Univ./ (Университет Моратува | University of Moratuwa | https://uom.lk/), 1088

Эстония

Таллин

NICPB (Национальный институт химической физики и биофизики | National Institute of Chemical Physics and Biophysics | http://www.kbfi.ee/), 1083

ЮАР

Беллвилл

UWC (Университет Западной Капской провинции | University of the Western Cape | http://www.uwc.ac.za/), 1146, 1077, 1131, 1139

Дурбан

UKZN (Университет Квазулу-Натал | University of KwaZulu-Natal | https://www.ukzn.ac.za/), 1131

Йоханнесбург

WITS (Университет Витватерсранда | University of the Witwatersrand | http://www.wits.ac.za/), 1136, 1088

Кейптаун

UCT (Кейптаунский университет | University of Cape Town | http://www.uct.ac.za/), 1118, 1088, 1119

Порт-Элизабет

NMU (Университет Нельсона Манделы | Nelson Mandela Metropolitan University | http://www.mandela.ac.za/), 1129, 1131

Претория

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

UNIZULU (Университет Зулуленда | University of Zululand | https://www.unizulu.ac.za/), 1130

Сомерсет-Уэст

iThemba LABS (Лаборатория ускорительных научных исследований iThemba | iThemba Laboratory for Accelerator Based Sciences | http://www.tlabs.ac.za/), 1065, 1129, 1136, 1088, 1130, 1077, 1107, 1131, 1127, 1139

Стелленбос

SU (Стелленбосский университет | Stellenbosch University | http://www.sun.ac.za/), 1065, 1129, 1136, 1146, 1107, 1131, 1139

Тхохояндоу

UNIVEN (Университет Венда | University of Venda | https://www.univen.ac.za/), 1130

Умтата

WSU (Университет Уолтера Сисулу | Walter Sisulu University | https://www.wsu.ac.za/), 1131

Фандербейлпарк

VUT (Ваальский Технологический Университет | Vaal University of Technology | https://www.vut.ac.za), 1129

Япония

Вако

RIKEN (RIKEN Вако Институт; Институт физико-химических исследований | RIKEN Wako Institute; Institute of Physical and Chemical Research | http://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

Минато

Keio Univ. (Университет Кейо | Keio University - Minato | http://www.keio.ac.jp/), 1149-2

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/index.html/), 1088

Нагоя

Nagoya Univ. (Нагойский университет | Nagoya University | http://www.nagoya-u.ac.jp/), 1099

Нара

NWU (Нарский Женский университет | Nara Women's University | http://www.nara-wu.ac.jp/nwu/en/index.html/), 1088

Окинава

OIST (Окинавский институт науки и технологий | Okinawa Institute of Science and Technology | https://www.oist.jp), 1138

Осака

Osaka Univ. (Осакский университет | Osaka University | http://www.osaka-u.ac.jp/), 1136, 1144, 1100

RCNP (Исследовательский центр ядерной физики Университета Осаки | Research Center for Nuclear Physics of Osaka University | http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/), 1136, 1088

Сага

Saga Univ. (Сага университет | Saga University | http://www.saga-u.ac.jp/), 1088

Токай

JAEA (Агентство по атомной энергии Японии | Japan Atomic Energy Agency | http://www.jaea.go.jp/), 1088, 1151

Токио

Keio Univ. (Университет Кэйо | Keio University - Tokyo | http://www.keio.ac.jp/), 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

UT (Токийский университет; Центр ядерных исследований; Институт исследований космических лучей; Центр физики элементарных частиц | University of Tokyo; Centre for Nuclear Study (CNS); Institute for Cosmic Ray Research; Institute Centre for Elementary Particle Physics (ICEPP) | http://www.u-tokyo.ac.jp/), 1138, 1088, 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 Univ. (Университет Кюсю | Kyushu University | http://www.kyushu-u.ac.jp/), 1099, 1144

Хиросима

Hiroshima Univ. (Университет Хиросимы | Hiroshima University | http://www.hiroshima-u.ac.jp/), 1088, 1097

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

Yamagata Univ. (Университет Ямагата | Yamagata University | http://www.yamagata-u.ac.jp/), 1085