



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ
И МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА 2024 ГОД**

Дубна 2023

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

Ответственные за подготовку ПТП ОИЯИ

Н.А. Боклагова
Д.С. Коробов

© ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Дубна, 2023

Содержание

Перечень проектов и подпроектов.....	6
Крупная научно-исследовательская инфраструктура ОИЯИ	9
02-1-1065-2007/2026	10
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	29
Байкальский глубоководный нейтринный телескоп гигатонного объема (Baikal-GVD) Белолаптиков И.А.	
06-6-1118-2014/2030	31
Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК) Кореньков В.В., Шматов С.В	
03-5-1129-2017/2028	39
Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III) Калагин И.В., Сидорчук С.И.	
04-4-1149-2024/2028	42
Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров Лычагин Е.В.	
Теоретическая физика (01).....	63
01-3-1135-2019	64
Фундаментальные взаимодействия полей и частиц Казаков Д.И., Теряев О.В.	
01-3-1136-2019	75
Теория ядерных систем Антоненко Н.В., Джиев А.А., Ершов С.Н.	
01-3-1137-2019	84
Теория сложных систем и перспективных материалов Осипов В.А., Поволоцкий А.М.	
01-3-1138-2019	91
Современная математическая физика: интегрируемость, гравитация и суперсимметрия Исаев А.П., Кривонос С.О.	
Физика элементарных частиц и физика тяжелых ионов высоких энергий (02)	99
<i>Участие в международных экспериментах.....</i>	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	104
ATLAS. Модернизация установки и физические исследования на LHC Бедняков В.А.	
02-1-1083-2009	108
CMS. Компактный мюонный соленоид на LHC Каржавин В.Ю.	
02-2-1085-2009	115
Экспериментальная проверка фундаментальных основ КХД Гуськов А.В.	
02-1-1087-2009	118
Исследования по физике релятивистских тяжелых и легких ионов на ускорительных комплексах Нуклотрон-М/NICA ОИЯИ и SPS ЦЕРН Малахов А.И., Афанасьев С.В.	
02-1-1088-2009	125
ALICE. Исследование взаимодействий пучков тяжелых ионов и протонов на LHC Водопянов А.С.	
02-1-1096-2010	131
Изучение редких распадов заряженных каонов и поиск темного сектора в экспериментах на SPS ЦЕРН Кекелидзе В.Д.	

<i>Эксперименты на ускорительном комплексе NICA</i>	134
02-1-1086-2009	134
Странность в адронной материи и исследование неупругих реакций вблизи кинематических границ Строковский Е.А., Кокоулина Е.С., Кривенков Д.О.	
02-1-1097-2010	138
Изучение поляризационных явлений и спиновых эффектов на ускорительном комплексе Нуклотрон- M/NICA ОИЯИ Строковский Е.А.	
 <i>Нейтринная физика и астрофизика</i>	142
02-2-1099-2010	142
Изучение нейтринных осцилляций и астрофизические исследования Наумов Д.В., Ольшевский А.Г.	
02-2-1144-2021	145
Поиск новой физики в лептонном секторе Цамалаидзе З.	
 Ядерная физика (03)	149
03-4-1146-2024	150
Нейтронная ядерная физика Копач Ю.Н., Седышев П.В., Швецов В.Н.	
03-5-1130-2017	161
Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности Сидорчук С.И.	
03-2-1100-2010	165
Неускорительная нейтринная физика и астрофизика Якушев Е.А., Розов С.В.	
 Физика конденсированных сред (04)	171
04-4-1147-2024	172
Оптические методы в исследованиях конденсированных сред Арзуманян Г.М., Кучерка Н.	
 Радиационные исследования в науках о жизни (05)	175
05-7-1077-2009	176
Исследования биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками Бугай А.Н., Красавин Е.А.	
05-2-1132-2017	183
Исследование молекулярно-генетических механизмов адаптаций экстремофильных организмов Кравченко Е.В.	
 Информационные технологии (06)	185
06-6-1119-2014	186
Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных Шматов С.В., Чулуунбаатар О.	
 Прикладная инновационная деятельность (07)	197
07-1-1107-2011	198
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	202
Радиационное материаловедение, нанотехнологические и биомедицинские исследования с пучками тяжелых ионов Дмитриев С.Н., Апель П.Ю.	

Физика и техника ускорителей заряженных частиц (08).....	207
08-2-1126-2015	208
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	214
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)	217
09-8-1037-2001	218
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	221
Научно-образовательные программы подготовки высококвалифицированных кадров Каманин Д.В., Верхеев А.Ю.	
09-3-1117-2014	228
Дубненская международная школа современной теоретической физики (DIAS-TH) Пироженко И.Г	
Алфавитный указатель: международное сотрудничество	231

**Перечень проектов и подпроектов,
включенных в Проблемно-тематический план ОИЯИ на 2024 год**

Шифр проекта / подпроекта*	Наименование проекта (Руководитель проекта)	
Крупная научно-исследовательская инфраструктура ОИЯИ		
1.	02-1-1065-1-2011/2024	Нуклотрон-NICA (Бутенко А.В., Ходжибабян Г.Г.).....10
2.	02-1-1065-2-2012/2026	BM@N (Капишин М.Н.).....15
3.	02-1-1065-3-2011/2025	MPD (Головатюк В.М., Кекелидзе В.Д.).....17
4.	02-1-1065-4-2020/2024	SPD (Гуськов А.В.).....19
5.	02-2-1148-1-2010/2028	Нейтринный телескоп гигатонного объема (Baikal-GVD) (Белолаптиков И.А.)...29
6.	06-6-1118-1-2014/2030	Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК) (Кореньков В. В., Шматов С.В.).....31
7.	03-5-1129-1-2024/2028	Создание ускорительного комплекса У-400Р (Калагин И.В., Попеко А.Г.).....39
8.	03-5-1129-2-2024/2028	Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов (Еремин А.В.).....40
9.	04-4-1149-1-2011/2028	Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей (Виноградов А.В., Долгих А.В.).....43
10.	04-4-1149-1-1-2014/2025*	Создание комплекса криогенных замедлителей реактора ИБР-2 (Беляков А.А., Булавин М.В.).....44
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.).....45
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.)...46
13.	04-4-1149-2-2-2021/2028*	Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии VJN (Байорек-Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2 (Худоба Д.М.).....48
14.	04-4-1149-3-2021/2028	Научно-методические исследования для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2 (Боднарчук В.И., Приходько В.И.).....53
15.	04-4-1149-3-1-2021/2028*	Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР-А) для дифрактометра ФДВР (Милков В.М.).....55
16.	04-4-1149-3-2-2024/2028*	Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами (Черников А.Н.)...55
17.	04-4-1149-3-3-2024/2028*	Разработка и развитие элементов инфраструктуры спектрометров на реакторе ИБР-2 (Боднарчук В.И.).....55
18.	04-4-1149-4-2021/2028	Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ (Лычагин Е.В., Швецов В.Н., Булавин М.В.).....58
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.).....59
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.).....64
21.	01-3-1135-2-2024/2028	КХД и структура адронов (Аникин И.В., Михайлов С.В., Теряев О.В.).....66
22.	01-3-1135-3-2024/2028	Феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика (Коробов В.И., Иванов М.А.).....68
23.	01-3-1135-4-2024/2028	Теория адронной материи при экстремальных условиях (Брагута В.В., Коломейцев Е.Е., Неделько С.Н.).....69
24.	01-3-1135-5-2024/2028	Теория электрослабых взаимодействий и физика нейтрино (Арбузов А.Б., Наумов В.А.).....71

25.	01-3-1136-1-2024/2028	Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики (Воронов В.В., Джиоев А.А.).....	75
26.	01-3-1136-2-2024/2028	Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем (Ершов С.Н., Антоненко Н. В.).....	77
27.	01-3-1136-3-2024/2028	Квантовые системы нескольких частиц (Мотовилов А.К., Мележик В.С.).....	78
28.	01-3-1136-4-2024/2028	Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы (Бондаренко С.Г., Ларионов А.Б.).....	79
29.	01-3-1137-1-2024/2028	Сложные материалы (Аницаш Е.М.).....	84
30.	01-3-1137-2-2024/2028	Математические модели статистической физики сложных систем (Поволоцкий А. М.).....	85
31.	01-3-1137-3-2024/2028	Наноструктуры и наноматериалы (Осипов В А., Кочетов Е.А.).....	87
32.	01-3-1137-4-2024/2028	Методы квантовой теории поля в сложных системах (Гнатич М.).....	88
33.	01-3-1138-1-2024/2028	Интегрируемые системы и симметрии (Исаев А.П., Кривонос С.О., Тюрин Н.А.).....	91
34.	01-3-1138-2-2024/2028	Суперсимметрия, высшие спины, гравитация (Иванов Е.А.).....	92
35.	01-3-1138-3-2024/2028	Квантовая гравитация, космология и струны (Пироженко И.Г., Фурсаев Д.В.).....	94
Физика элементарных частиц и физика тяжелых ионов высоких энергий (02)			
<i>Участие в международных экспериментах</i>			
36.	02-1-1066-1-2010/2024	STAR (Панебратцев Ю.А., Леднички Р.)	100
37.	02-2-1081-1-2010/2025	ATLAS. Физические исследования на LHC (Бедняков В.А., Храмов Е.В.).....	104
38.	02-1-1081-2-2013/2025	Модернизация детектора ATLAS (Чеплаков А.П.).....	106
39.	02-1-1083-1-2010/2025	CMS (Каржавин В.Ю.).....	108
40.	02-1-1083-2-2014/2026	Модернизация детектора CMS (Каржавин В.Ю.).....	110
41.	02-2-1085-1-2007/2028	BESIII (Денисенко И.И.).....	115
42.	02-2-1085-2-2024/2026	Изучение фундаментальных свойств адронов в эксперименте NA66/AMBER (Гуськов А.В.).....	116
43.	02-1-1087-1-2012/2024	NA61/SHINE (Малахов А.И.).....	118
44.	02-1-1088-1-2010/2025	ALICE (Водопьянов А.С.).....	125
45.	02-1-1096-1-2010/2024	NA62 (Кекелидзе В.Д.).....	131
46.	02-1-1096-2-2017/2026	NA64 (Матвеев В.А., Пешехонов Д.В.).....	132
<i>Эксперименты на ускорительном комплексе NICA</i>			
47.	02-1-1097-1-2010/2024	АЛПОМ-2 (Пискунов Н.М.).....	138
48.	02-1-1097-2-2010/2024	DSS (Ладыгин В.П.).....	139
<i>Нейтринная физика и астрофизика</i>			
49.	02-2-1099-1-2009/2026	JUNO (Наумов Д.В.).....	142
50.	02-2-1099-2-2015/2026	NOvA/DUNE ¹ (Ольшевский А.Г.).....	143
51.	02-2-1099-3-2015/2026	TAIGA (Бородин А.Н.).....	143
52.	02-2-1144-1-2021/2024	СОМЕТ (Цамалаидзе З.).....	145
Ядерная физика (03)			
53.	03-4-1146-1-2014/2028	Разработка и развитие метода меченных нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций (TANGRA) (Копач Ю.Н.).....	150
54.	03-4-1146-2-2022/2026	Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры (Дорошкевич А.С.).....	151
55.	03-4-1146-3-2022/2028	Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона (Швецов В.Н., Седышев П.В.).....	153

¹ Участие в эксперименте DUNE временно приостановлено до дальнейшего уведомления.

56.	03-5-1130-1-2024/2028	Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов (Иткис М.Г., Карпов А.В.)...161
57.	03-5-1130-2-2024/2028	Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности (Каминьски Г., Сидорчук С.И.).....162
58.	03-2-1100-1-2024/2028	Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины (Философов Д.В.).....165
59.	03-2-1100-2-2024/2028	Исследования реакторных нейтрино на короткой базе (Житников И.В.).....167
60.	03-2-1100-3-2024/2028	Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений (Зинатулина Д.Р.).....168
Физика конденсированных сред (04)		
61.	04-4-1147-1-2024/2028	НАНОБИОФОТОНИКА (Арзуманян Г.М., Маматкулов К.З.).....172
Радиационные исследования в науках о жизни (05)		
62.	05-7-1077-1-2024/2028	Молекулярные, генетические и организменные эффекты действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками (Борейко А.В., Лобачевский П.Н.).....176
63.	05-7-1077-2-2024/2028	Радиационно-биофизические и астробиологические исследования (Чижов А.В., Розанов А.Ю.).....179
64.	05-2-1132-1-2021/2028	Защита от физико-химических стрессов с помощью белков тихоходок (TARDISS) (Кравченко Е.В.).....183
Информационные технологии (06)		
65.	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.).....186
66.	06-6-1119-2-2024/2026	Методы вычислительной физики для исследования сложных систем (Земляная Е.В., Чулуунбаатар О.).....189
Прикладная инновационная деятельность (07)		
67.	07-1-1107-1-2018/2027	Подкритический реактор с ускорительным приводом (ADSR) (Тютюнников С.И., Параипан М.).....198
68.	07-5-1131-1-2024/2028	Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов (Скуратов В.А.).....202
69.	07-5-1131-2-2024/2028	Нанокompозитные и функциональные трековые мембраны (Апель П.Ю.).....203
Физика и техника ускорителей заряженных частиц (08)		
70.	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.).....209
71.	08-2-1126-2-2016/2028	Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов (Глаголев В.В., Ляблин М.В.).....209
72.	08-2-1126-3-2016/2028	Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на моно- хроматических пучках позитронов (PAS) (Сидорин А.А.).....210
73.	08-2-1126-4-2015/2028	Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований (Шелков Г.А.).....211
74.	08-2-1126-5-2011/2028	GDH&SPASCHARM (Усов Ю.А.).....212
75.	08-2-1127-1-2024/2024	Создание испытательных стендов для тестирования отдельных систем циклотрона MSC-230 (Карамышева Г.А., Яковенко С.Л.).....214
Организация научной деятельности и международного сотрудничества. Укрепление кадрового потенциала.		
Образовательная программа (09)		
76.	09-9-1139-1-2021/2028	Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ (Панебратцев Ю.А.).....224
77.	09-3-1117-1-2024/2028	Дубненская международная школа современной теоретической физики (DIAS-TH) (Казаков Д.И., Пироженко И.Г.).....228

**Крупная
научно-исследовательская
инфраструктура
ОИЯИ**

**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: Бугенко А.В.
Головатюк В.М.
Капишин М.Н.

Участвующие страны и международные организации:

Австралия, Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Германия, Грузия, Египет, Израиль, Италия, Казахстан, Китай, Куба, Мексика, Молдова, Монголия, Польша, Россия, Румыния, Сербия, Словакия, США, Украина, Франция, ЦЕРН, Чехия, Чили, Швеция, ЮАР, Япония.

Исследуемая проблема и основная цель исследований:

Поиск и экспериментальное исследование фазовых переходов в сильно взаимодействующей 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 $A=1 \div 197$. 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. 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	Бугенко А.В. Ходжибагиян Г.Г. <i>Научный руководитель:</i> Мешков И.Н.	02-1-1065-1-2011/2024
2.	BM@N	Капишин М.Н.	02-1-1065-2-2012/2026
3.	MPD	Головатюк В.М. Кекелидзе В.Д. <i>Заместитель:</i> Рябов В.Г.	02-1-1065-3-2011/2025
4.	SPD	Гуськов А.В. <i>Заместитель:</i> Ладыгин В.П.	02-1-1065-4-2020/2024

Проекты:

	Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
	Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1.	Нуклотрон-NICA	Бугенко А.В. Ходжибагиян Г.Г.	Реализация

1.1. Инжекционный комплекс NICA: техническое проектирование и создание инжекционного комплекса NICA (источники тяжелых ионов и поляризованных легких ядер, линейные ускорители тяжелых ионов NPLAC (ЛУТИ) и легких ядер, каналы транспортировки пучков в Нуклотрон)	Бутенко А.В. Сырессин Е.М. Тузиков А.В. Мончинский 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. Сырессин 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., Донец Д.Е., Донец Е.Е., Дунин Н.В., Жабин И.Н., Зиновьев Л.В., Иванов А.М., Киселев С.С., Кобец В.В., Козловский А.А., Колесов А.Б., Кузнецов С.М., Кузякин Р.А., Куликов В.Н., Куликов М.В., Куликов Н.А., Кунченко О.А., Лавров В.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., Сорокин А.Г., Сотников П.Н., Спиридонов А.С., Тимофеев С.Б., Тихомиров А.М., Тихонов Е.В., Тюлькин В.И., Фимушкин В.В., Цветков А.В., Цыплаков Е.Д., Чумаков В.В., Шаповалов В.О., Шириков И.В., Шумков А.М., Шутов В.Б.	
1.2. Монтаж и запуск Бустера NICA и его технологических систем	Бутенко А.В. Мешков И.Н. Сырессин Е.М. Сидорин А.О. Ходжибагиян Г.Г.	Реализация
1.2.а. Магнитно-криостатная система, вакуумная система и система электронного охлаждения	Галимов А.Р. Сидорин А.О.	Реализация
1.2.б. Система питания и эвакуации энергии	Карпинский В.Н. Иванов Е.В.	Проектирование Реализация
1.2.в. ВЧ ускоряющая система Бустера	Бровко О.И.	Реализация

1.2.г. Система диагностики, инъекции, коррекции оптики, вывода и транспортировки пучков

ЛФВЭ

**Горбачев Е.В.
Тузиков А.В.**

Проектирование
Реализация

Александров В.С., Алфеев А.В., Андреев В.А., Арефьев С.А., Ахмадриязлов Р.М., Блинов Н.А., Богдан Л.Г., Бровко О.И., Бутенко А.М., Василишин Б.В., Виноградов А.С., 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., Иванов Е.В., Исадов В.А., 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., Копченев 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., Неаполитанский Д.В., 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., Решетников Г.П., 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., Симонов П.А., 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 Нуклотрона

**Бутенко А.В.
Сидорин А.О.
Сырессин Е.М.**

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, инъекции, коррекции оптики, вывода и транспортировки пучков

ЛФВЭ

**Горбачев Е.В.
Рукояткин П.А.**

Проектирование
Реализация

Аверичев А.С., Аксенов И.В., Александров В.С., Алфеев А.В., Андреев В.А., Арефьев С.А., Ахмадриязлов 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., Бровко О.И., Булах А.П., Бутенко А.М., Бутенко Е.А., Вадеев А.В., Василишин Б.В., Виноградов А.С., Володин А.А., Воронин А.А., Ворошилов Н.А., Гаевский А.В., Галимов А.Р., Галкин В.Е., Ганюшкин Ф.Н., Гаранжа Н.И., Гаркин А.А.,

Головенский Б.В., Голубев И.И., Голубицкий О.М.,
 Гончаров С.А., Горбачев Е.В., Гореликов С.П.,
 Гребенников А.В., Гребенцов А.Ю., Грибов Д.М., Гудков С.В.,
 Гудков С.В., Гулина М.В., Гурьев К.Н., Гурьева 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., Дунин Н.В.,
 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., Иванов Е.В., Карпук А.Н., Каширин В.А.,
 Кириченко А.Е., Киров С.В., Климанский Д.И., Клягин А.С.,
 Кобец В.В., Коврижина И.К., Козлов А.П., Козлов О.С.,
 Колесов А.Б., Константинов А.В., Копченов А.В.,
 Коробицина М.Ю., Коровкин С.А., Королев В.С., Королева Г.Е.,
 Косачев В.В., Косинов В.А., Котова А.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 В.А., 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.,
 Мясковский 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., Омеляненко 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., Савельев Д.Ю., Савенкова М.К., Светов А.Л.,
 Свешникова Л.Е., Свидетелев А.Н., Свидетелева М.И.,
 Седых Г.С., Сергеев А.В., Сергеев А.П., Сергеева Е.В.,
 Сидоренков Т.В., Сидорин А.О., Сидоров А.И., Сидоров П.А.,
 Сидорова В.О., Симонов П.А., Скрыпник А.В., Сливин А.А.,
 Смирнов В.Л., Смирнов С.А., Смирнова З.И., Смолков Р.А.,
 Сорокин А.Г., Станков О.Ю., Сыресин Е.М., 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.,
 Хабибуллин Р.Р., 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 $1 \cdot 10^{27} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
 и поляризованных легких ядер со
 светимостью $1 \cdot 10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
 (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 вакуумная система	Галимов А.Р. Ходжибагян Г.Г.	Проектирование Реализация
1.4.б. Системы питания и эвакуации энергии	Карпинский В.Н. Иванов Е.В.	Проектирование Реализация
1.4.в. ВЧ система коллайдера	Бровко О.И. Гребенцов А.Ю.	Проектирование Реализация
1.4.г. Система транспортировки, диагностики и инъекции пучков	Горбачев Е.В. Тузииков А.В.	Проектирование Реализация
1.4.д. Системы охлаждения и обратной связи пучков заряженных частиц	Мешков И.Н. Сидорин А.О.	Проектирование Реализация
1.4.е. Система мониторинга и управления поляризацией пучков протонов и дейтронов ЛФВЭ	Костромин С.А.	Проектирование Реализация

Аверичев А.С., Аксенов И.В., Александров В.С., Алфеев А.В., Андреев В.А., Арефьев С.А., Ахмадриязлов 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., Бровко О.И., Булах А.П., Бутенко А.М., Бутенко Е.А., Вадеев А.В., Василишин Б.В., Виноградов А.С., Володин А.А., Воронин А.А., Гаевский А.В., Галимов А.Р., Галкин В.Е., Гаранжа Н.И., Гаркин А.А., Головенский Б.В., Голубев И.И., Голубицкий О.М., Гончаров С.А., Горбачев Е.В., 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., Дунин Н.В., 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., Иванов Е.В., 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., Копченев А.В., Коробицина М.Ю., Коровкин С.А., Королев В.С., Королева Г.Е., Косачев В.В., Косинов В.А., Котова А.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 В.А., 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., Люсов 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., Мьялковский 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., Омеляненко 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., Сергеев А.П., Сергеева Е.В., Сидоренков Т.В., Сидорин А.О., Сидоров А.И., Сидоров П.А., Сидорова В.О., Симонов П.А., Скрыпник А.В., Сливин А.А., Смирнов В.Л., Смирнов С.А., Смирнова З.И., Смолков Р.А., Сорокин А.Г., Станков О.Ю., Сыресин Е.М., Талызин Р.В., Тарасов В.В., Тихомиров А.М., Тихонов Е.В., Тищенко А.Б., Травин Н.В., Тузиков А.В., Тюлькин В.И., Фатеев А.А., Филатов Г.А., Филиппов А.В., Филиппов М.Н., Филиппов Н.А., Филиппова Е.Ю., Фимушкин В.В., Хабибуллин Р.Р., 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., Рыбаков Н.А., 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.
Ходжибагян Г.Г.**

Проектирование Реализация

ЛФВЭ

Арефьев С.А., Балдин Н.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 комплекса NICA в 2025 г.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Подготовленный к запуску в 2025 г. Коллайдера ускорительного комплекса NICA.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Проведение работ по дальнейшему развитию ЛУТИ, Бустера и Нуклотрона, а также имеющихся каналов транспортировки и вывода пучков ускорительного комплекса в корп. 1, 205, монтаж стартовой конфигурации и пуско-наладка канала транспортировки Нуклотрон-Коллайдер в корп. 1 и зд. 17, участка быстрого вывода из Нуклотрона, участков инжекции и сброса пучков в Коллайдере. Дальнейшее развитие имеющейся инфраструктуры для прикладных исследований на пучках тяжелых ионов ускорительного комплекса. Подготовка к сеансу в 2025 г.

2. Подготовка оборудования криогенного комплекса для проведения экспериментов на пучках ионов ускорительного комплекса в 2024 г. Проведение цикла пуско-наладочных работ на криогенной компрессорной станции. Проведение пуско-наладочных работ двух рефрижераторов Коллайдера в зд. 17. Проведение пуско-наладочных работ на оборудовании азотной системы криогенного комплекса ЛФВЭ.

2. VM@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 ЛФВЭ

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

Реализация

Абраамян Х.У., Агакишиев Г.Н., Алишина К.А., Астахов В.И., Афанасьев С.В., Бабкин В.А., Базылев С.Н., Богословский Д.Н., Бузин С.Г., Буряков М.Г., Васендина В.А., Величков В.К., Воронин А.А., Габдрахманов И.Р., Гавришук О.П., Галаванов А.В., Герценбергер К.В., Головатюк В.М., Григорьев П.Н., Дементьев Д.В., Дмитриев А.В., Дряблов Д.К., Дубинчик Б.В., Дулов П.О., Егоров А.С., Егоров Д.С., Елша В.В., Жежер В.Н., Замятин Н.И., Зинченко А.И., Зубарев Е.В., Каржавин В.Ю., Капитонов И.Ю., Капишин М.Н., Каттабеков Р.Р., Кекелидзе В.Д., Кирюшин Ю.Т., Ковалев Ю.С., Ковачев Л.Д., Колесников В.И., Коложвари А.А., Копылов Ю.А., Кузнецов А.С., Куклин С.Н., Кулиш Е.М., Ладыгин Е.А., Лашманов Н.А., Ледницкий 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., Рогов В.Ю., Роде С.П., Рукояткин П.А., Румянцев М.М., Руфанов И.А., Сакулин Д.Г., Седых С.А., Сергеев С.В., Слепнев И.В., Слепнев В.М., 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

Литвиненко Е.И.

ЛТФ

Базнат М.

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. МРД

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., Баранов Д.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., Бурдыко А.С., Буряков М.Г., Бутенко А.В., Буторин А.В., Бычков А.В., Васендина В.А., Васильев И.Н., Верещагин С.В., Власов Н.В., Водопьянов А.С., Володина О.А., Воронин А.А., Воронюк В., Гаганова М.А., Гаврищук О.П., Ганджелашвили Т.Т., Герценбергер К.В., Горбунов Н.В., 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., Дунин Н.В., Дятлов В., Егоров Д.С., Елша В.В., Емельянов А.Э., Емельянов Н.Э., Жежер В.Н., 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., Козленко Н.А., 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., 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., Максименкова В.И., Малахов А.И., Маликов И.В., Малинина Л.В., Мельников Д.Г., Мерц С.П., Мешков И.Н., Мигулина И.И., Мильнов Г.Д., Минаев Ю.И., Михайлов К.В., Мовчан С.А., Молоканова Н.А., Московский А.Е., Мошкин А.А., Мудрох А.А., Мурун 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., Тимофеева А.Е., 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., Самсонов В.М., Свалов В.Л., Себаллос Санчес С., Седых С.А., Семенов А.Ю., Семенова И.А., Сергеев С.В., Сергеева Н.А., Серочкин Е.В., 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., Тимошенко А.А., Тихомиров В.В., Ткачев Г.П., Топилин Н.Д., Трубников А.В., Тяпкин И.А., Удовенко С.Ю., Фатеев О.В., Федотов Ю.И., Федюнин А.А., Филиппов И.А., Ходжибагян Г.Г., Чалышев В.В., Чеплакова В.А., Чепурнов В.В., Чепурнов В.Ф., Черемухина Г.А., Чумаков П.В., Шабунев А.В., Шереметьев А.Д., Шереметьева А.И., Щеголев Д.В., Шиндин Р.А., Шитенков М.О., Шмырев И.А., Шунько А.А., Шутов А.В., Шутов В.Б., Щербаков А.Н., Щипунов А.В., Юревич В.И., Ярыгин Г.А.

ЛЯП

Гуськов А.В., Ольшевский А.Г.

ЛИТ

Иванов В.В., Мусульманбеков Ж.Ж., Нечаевский А.В., Паржицкий С.С., Стриж Т.А.

ЛТФ

Тонеев В.Д.

ЛНФ

Литвиненко Е.И.

3.1. Разработка и создание сверхпроводящего соленоида и ярма магнита ЛФВЭ	Мухин К.А. Топилин Н.Д.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Реализация</div>
Баратов Р.В., Беляев С.Е., Беляева Е.В., Герасимов С.Е., Емельянов А.Э., Лобанов Ю.Ю., Новоселов В.А., Смелянский И.А., Смолянин Т., Терешин Д.А., Ткачев Г.П., Шиндин Р.		
3.2. Создание комплекса детекторов стартовой конфигурации установки MPD ЛФВЭ	Головатюк В.М. Кекелидзе В.Д.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Реализация</div>
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 ЛФВЭ	Базылев С.Н. Слепнев И.В.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Реализация</div>
Баскаков А.Е., Ку克林 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.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Реализация</div>

Краткая аннотация и научное обоснование:

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

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Создание и запуск первого этапа установки MPD.
Конфигурация первого этапа включает: магнит, создающий равномерное поле до 0.57 Т, трековую систему на базе времяпроекционной камеры ТРС, 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, проведение физического сеанса на пучке для набора событий, соответствующих столкновениям тяжелых ионов в необходимой конфигурации пучков, с целью изучения свойств барионной материи.
2. Создание и запуск в эксплуатацию централизованной системы обработки данных, работающей в программной среде MpdRoot и обеспечивающей: 1) калибровку поступающих с экспериментальной установки MPD данных, 2) первичную обработку поступающих с экспериментальной установки данных для перехода от формата сырых данных к таблицам восстановленных треков и хитов в детекторных подсистемах, 3) обработку полученных на предыдущем этапе таблиц треков и хитов с целью получения первых физических результатов высокого качества.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Охлаждение Соленоида до температуры жидкого азота, завершение создания подсистем TOF, FHCAL, FFD, сборка корпуса ТРС, изготовление и тестирование 80% от всех модулей ECal.
2. Создание и запуск в эксплуатацию централизованной системы обработки данных, известной под названием «Analysis Train», для обработки смоделированных данных с целью изучения возможностей экспериментальной установки MPD по изучению различных физических сигналов.
3. Моделирование работы экспериментальной установки MPD в А+А столкновениях с использованием различных генераторов событий с целью изучения возможностей ее использования для изучения столкновений ионного пучка с фиксированной мишенью. Подобная конфигурация позволяет расширить область изучаемых энергий взаимодействия ядер до энергии ~ 2 ГэВ и обеспечить необходимую частоту ядерных столкновений практически при любой достигнутой светимости пучка.

4. SPD:
разработка концептуального
и технического проектов, организация
международной коллаборации
ЛФВЭ

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

Подготовка проекта

Азорский Н.И., Алексахин В.А., Аносов В.А., Ахунзянов Р.Р., Балдин А.А., Балдина Е.Г., Баутин В.В., Беляев А.В., Блеко В.В., Богословский Д.Н., Богуславский И.В., Будковский Д.В., Васильева Е.В., Волков И.С., Волков П.В., Гавришук О.П., Галоян А.С., Голубых С.М., Громов В.А., Гурчин Ю.В., Гусаков Ю.В., Дунин В.Б., Еник Т.Л., Жуков И.А., Замятин Н.И., Земляничкина Е.В., Зинин А.В., Зубарев Е.В., Иванов А.В., Иванов Н.Я., Исупов А.Ю., Камбар Ы., Кекелидзе Г.Д., Кожин М.А., Кокоулина Е.С., Корзенев А.Ю., Коровкин Р.С., Костюхов Е.В., Копылов Ю.А., Крамаренко В.А., Ладыгин Е.А., Ледниcki Р., Ливанов А.Н., Лысан В.М., Макашкин А.М., Мартовицкий Е.В., Минко О., Никифоров Д.Н., Нагорный С.Н., Никитин В.А., Павлов В.В., Паржицкий С.С., Пешехонов Д.В., Попов В.В., Пудин И.С., Резников С.Г., Рогачёва Н.С., Савенков А.А., Саламатин К.М., Сафонов А.Б., Старикова С.Ю., Стрелецкая Е.А., Суховаров С.И., Тарасов О.Г., Терехин А.А., Тишевский А.В., Топилин Н.Д., Троян Ю.А., Усенко Е.А., Фещенко А.А., Филатов Ю.Н., Хабаров С.В., Харьюзов П.Р., Чмилль В.Б., Шереметьева А.И., Шиманский С.С., Юдин И.П.

ЛЯП

Абазов В.М., Алексеев Г.Д., Афанасьев Л.Г., Болтушкин Е.В., Вертоградов Л.С., Вертоградова Ю.Л., Верхеев А.Ю., Гонгадзе А., Гридин А.О., Грицай К.И., Гуськов А.В., Датта А., Дедович Д.В., Демичев М.А., Денисенко И.И., Жемчугов А.С., Журавлев Н.И., Карпишков А.В., Ковязина Н., Комаров В.И., Куликов А.В., Курбатов В.С., Курманалиев Ж., Кутузов С.А., Лапкин А.В., Лебедев Н.Н., Ляшко И., Мальцев А., Онучин В.А., Парсамян Б., Пискун А.А., Прокошин Ф.В., Прохоров И.К., Русов Д.И., Самарцев А.Г., Серюбин С.С., Скачкова А.Н., Терещенко В.В., Токменин В.В., Узиков Ю.Н., Фёдоров А.Н., Фролов В.Н., Шайковский А.В., Шипилова А.В., Штехер К.

ЛИТ

Гончаров П.В., Зуев М.И., Олейник Д.А., Ососков Г.А., Пелеванюк И.С., Петросян А.Ш., Подгайный Д.В., Трофимов В.В., Ужинский В.В.

ЛТФ

Аникин И.В., Волчанский Н.И., Голоскоков С.В., Салеев В.А., Струзик-Котлож Д., 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 $10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. 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 планируемые эксперименты 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 партон 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 дополняют 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:

1. Разработка, создание, тестирование и оптимизация прототипов детекторов и прочих подсистем установки SPD.
2. Создание и развитие инфраструктуры тестирования прототипов подсистем установки на выведенных пучках Нуклотрона.
3. Завершение работы над техническим проектом SPD, одобрение технического проекта международным консультационным комитетом SPD.

Активности:

Наименование активности	Руководители	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
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.	Реализация
ЛТФ	Брагута В.В., Иванов Ю.Б., Клопот Я.Н., Оганесян А.Г., Парван А., Роечко 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., Жежер В.Н., 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.	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.	Проектирование Реализация
ЛФВЭ	Балдин А.А., Гаврищук О.П., Еник Т.Л., Кобец В.В., Мурын 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., Юенко К.Е.	
4. Сооружение и развитие инфраструктуры для прикладных инновационных исследований на комплексе NICA	Бутенко А.В. Сорин А.С.	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.	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	Ходжибагян Г.Г.	Проектирование Реализация
ЛФВЭ	Агапов Н.Н., 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., Виноградов А.С., 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., Сергеев А.С., Сергеева Е.В., Смирнов С.А., Топилин Н.Д., Туманова Ю.А., Филиппов Н.А., Филиппова Е.Ю., Шабунев 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.
Семенов Н.В.**

Проектирование Реализация

ЛФВЭ

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

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.

Сотрудничество:

Страна или международная организация

Город

Институт

Статус

Участники

Австралия
Азербайджан

Сидней
Баку

Ун-т
НЦЯИ

Совместные работы
Соглашение

Чоу Дж.
Рустамов А.
Саттаров Р.

Армения

Ереван

ЕГУ
ННЛА

Совместные работы
Соглашение

Балабекян А.
Агбарян В.
Айрян А.
Григорян О.
Пилоян А.

Беларусь

Минск

БГУ

Совместные работы
Соглашение
Совместные работы
и обмен визитами

Акопов Н. + 3 чел.
Иванов Н. + 6 чел.
Федотов А.С. + 2 чел.

ИФ НАНБ

Совместные работы
и обмен визитами
Совместные работы
и обмен визитами

Батурицкий М.А.
+ 3 чел.
Литомин А.В. + 3 чел.
Солин А.В.
Федотова Ю.А.
Чеховский В.А.
Зур И.А. + 3 чел.
Лобко А. + 15 чел.
Бабичев Л.Ф. + 4 чел.

НИИ ЯП БГУ

ОИЭЯИ-Сосны НАНБ

ФТИ НАНБ

Совместные работы
и обмен визитами
Совместные работы
Соглашение

Покровский А.И. + 3 чел.

Болгария

Благоевград
Пловдив

SWU
PU

Совместные работы
Совместные работы

Станоева Р.
Зайцева Е.
Турийски В.
Шопова М. + 3 чел.

София

INRNE BAS

ISSP BAS
LTD BAS

Соглашение
Совместные работы

Атанасов И.
Ванков И.
Динев Д.
Цаков И.
Спасов Л. + 4 чел.
Генчев С.Г.
Зенков А.
Радков И.С.
Раднев С.В.

Германия	Гисен	SU	Совместные работы	Рашевский Г.	
		TU-Sofia	Совместные работы	Литов Л.Б. + 1 чел.	
	Дармштадт	JLU	Совместные работы	Минчев М. + 5 чел.	
		GSI	Совместные работы	Кассинг В.	
				Кончаковски В.	
				Линник О.	
	Дрезден	TU Darmstadt		Совместные работы	Барт В. + 3 чел.
			ILK	Соглашение	Блаурок Й. + 5 чел.
		Майнц	JGU	Совместные работы	Гаспарик И.
		Регенсбург	UR	Совместные работы	Зенгер П.
Франкфурт/М		FIAS	Совместные работы	Мюнц К.	
		Ун-т	Совместные работы	Ратзингер У.	
Эрланген		FAU	Совместные работы	Строт И.	
		Юлих	FZJ	Соглашение	Тарнявист Х.
Грузия	Тбилиси	AIP TSU	Совместные работы	Шпиллер П.	
		GTU	Соглашение	Штокер Х. + 2 чел.	
Египет	Гиза	CU	Совместные работы	Братковская Е.Л.	
		ЕСТР	Совместные работы	Кад А.	
Израиль	Иерусалим	HUJI	Совместные работы	Дитрих Ю. + 3 чел.	
		Forgiatura Morandini	Совместные работы	Шефер А. + 2 чел.	
Италия	Брешия	ASG	Соглашение	Братковская Е.Л.	
		Генуя		Беккер Р. + 3 чел.	
	Турин	INFN	Совместные работы	Васильев Ю.	
				Кисел И.	
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Соглашение	Стеффенс Э. + 2 чел.	
		ФТИ	Совместные работы	Заплатин Е.	
Китай	Ичан	CTGU	Соглашение	Прасун Д. + 2 чел.	
		IMP CAS	Совместные работы	Штассен + 2 чел.	
	Ланьчжоу		Соглашение	Чкареули Д.Л. + 5 чел.	
		Пекин	«Tsinghua»	Совместные работы	Прангишвили А.И.
	Пекин		Соглашение	Тавхелидзе Д.	
		CIAE	Совместные работы	Эль-Коли Р.	
	Ухань	ИНЕР CAS	Соглашение	Тавфик А.Н. + 5 чел.	
		CCNU	Соглашение	Рон Г.	
				Морандини А.	
				Гиори В.	
				Маффини А.	
				Пелечиа А.	
				Алексеев М.	
				Денисов О.Ю.	
				Маджоре А. + 5 чел.	
				Панциери Д.	
				Риветти А.	
				Чиосо М.	
				Сахиев С. + 8 чел.	
				Лебедев И. + 6 чел.	
				Шенин Фанг	
				Ну Шу	
				Чжао Ч. + 8 чел.	
				Ван И. + 13 чел.	
				Ли С.	
				Ванг И.	
				Ли С. + 10 чел.	
				Хуан М. + 2 чел.	
				Лю Ф. + 2 чел.	

	Хучжоу	HU	Соглашение	Ван Ф. + 2 чел. Фуцан Ван
	Хэньян Хэфэй	USC ASIPP USTC	Соглашение Совместные работы Соглашение Совместные работы	Ван С. Янтао Сонг Танг З. + 5 чел. Дзебо Тан Тан З. + 3 чел.
	Цзинань Шанхай	SDU Fudan SINAP CAS	Соглашение Соглашение Совместные работы Совместные работы	Сюй Ц. + 4 чел. Фан Д. + 2 чел. Юйган Ма + 2 чел. Сун Чжан Цзиньхуэй Чень
Куба Мексика	Гавана Мехико Пуэбла	InSTEC UNAM BUAP	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Гузман Ф. + 1 чел. Аяла А. Родригес М.
Молдова Монголия Польша	Кишинев Улан-Батор Варшава	МолдГУ IPT MAS WUT	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Гудима К.К. + 2 чел. Баатар Ц. + 2 чел. Домбровски Д. Зембицки М. Кицель А. + 4 чел. Кмиец К. Лаврынчук М. Марчек Я. Пламовски С. Пэрыт М. + 4 чел. Рослон К. Трацук Т. Тройнер Е. Алвар-Терреро Д. Блашке Д. Кшиштоф Р. Фишер Т. Халупка М. Шукла У.
	Вроцлав	ILT&SR PAS UW	Совместные работы Совместные работы	Белевич М. Хвасчевски С. + 3 чел.
Россия	Отвоцк (Сверк) Хожув Белгород	NCBJ Frako-Term БелГУ	Соглашение Совместные работы Совместные работы	Козловски В. Внуков И.Е. Кубанкин А.С. Кубанкин Ю.С. Сыщенко В.В. Регузова А.В. Гончаров И.Н. Касумов Ю.Н. + 3 чел. Пухарева Н.Е.
	Владивосток Владикавказ	ДВФУ СОГУ	Соглашение Совместные работы	Кашук А.П. Ким В. Рябов В. Федин О.Л.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Ким В. + 11 чел. Аушев Т. + 1 чел.
	Долгопрудный Дубна Жуковский	МФТИ PELCOM ТЕХНОЛОГИЯ	Соглашение Совместные работы Соглашение Соглашение	Мотузюк В.В. Шишкин А.В.

Казань	Компрессормаш СПЕЦМАШ	Совместные работы Соглашение	Мирзаев Т.Б. Зборовский А.Ю. Якимов П.В.
Москва	ВЭИ	Совместные работы	Кокуркин М.П. + 5 чел. Лысов Н.Ю.
	Гелиймаш ИМБП РАН	Совместные работы Соглашение	Стулов В.В. + 5 чел. Петров В.М. Федоренко Б.С. + 7 чел.
		Совместные работы	Иванова О.А. Шуршаков В.А.
	ИТЭФ	Совместные работы	Кулевой Т.В. + 5 чел. Куликов В.В.
	Криогенмаш МГУ	Совместные работы Совместные работы	Караганов Л.Т. + 2 чел. Боос Э.Э. Меркин М.М.
	МИРЭА НИИЯФ МГУ	Соглашение Совместные работы	Певцов Е.Ф. Баранова А.В. Бережной Ф. Богданова Г.А. Боос Е.Е. Бунчев В. Волков В.Ю. Воронин А.Г. Ершов А.А. Карманов Д.Е. Королев М.Г. Кубанкин А.С. Кубанкин Ю.С. Курбатов Е.О. Ленок В.В. Лохтин И.П. Малинина Л.В. Меркин М.М. + 17 чел. Николаев А. Снигирев А.М. Соломин А. Чепурнов А. Шушкевич С.Н. Эйюбова Г.
		Совместные работы	Ратников Ф.Д. + 9 чел.
	НИУ ВШЭ НИЦ КИ НИЯУ «МИФИ»	Совместные работы Совместные работы Соглашение Соглашение	Ставинский А.В. + 7 чел. Сосновцев В. + 13 чел. Нигматкулов Г. + 18 чел.
	ФИАН	Совместные работы	Андреев В.Ф. Багуля А.В. Басков В.А. Герасимов С.Г. Далькаров О.Д. Завертяев М.В. + 5 чел. Костин А.П. + 2 чел. Львов А.И. Негодаев М.А. Нечаева П.Ю. Полянский В.В. Снесарев А.А.

Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Соглашение Совместные работы	Сучков С.И. Теркулов А.Р. Топчиев Н.П. Андреев В. + 15 чел. Белов А.С. + 5 чел. Губер Ф. + 13 чел. Ивашкин А. Курепин А.Б. + 3 чел. Тифлов В.В. Усенко Е.А. Усенко Е. + 5 чел. Куркин Г.Я. + 10 чел. Медведко А.С. Мезенцев Н.А. Пархомчук В.В. Пята Е. Трибендис А.В. + 10 чел. Шатунов Ю.М. Кондратенко А.М. Кондратенко М.А. Пузин В.С. Воробьев А.П. Головня С.Н. Зинченко С.Н. + 5 чел. Иванов С.В. + 5 чел. Рядовиков В.Н. Тцюпа Ю.П. Холоденко А.Г. Кошурников Е.К. + 5 чел.
Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Соглашение Совместные работы	Батенков О.И. Вещиков А.С. Бердников Я.А. Андронов Е. Валиев Ф.Ф. Вечернин В.В. Жеребчевский В.И. Коваленко В.Н. Кондратьев В.П. Немнюгин С. + 5 чел. Овсянников Д.А. + 3 чел. Прокофьев Н.А. Прохорова Д.С. Феофилов Г.А. Долгополов М. Карпишков А. Нефедов М. Салеев В.А. Шипилова А.В. Кутов А.Ю. Пивоваров Ю.А. Василишин Б. Дусаев Р. Жевлаков А.
Новочеркасск	НТЛ «Заряд»	Соглашение	
Протвино	ЮРГПУ НПИ ИФВЭ	Соглашение Совместные работы	
Санкт-Петербург	Нева-Магнит	Соглашение	
	РИ	Соглашение	
	СПбГПУ СПбГУ	Совместные работы Совместные работы	
Самара	СУ	Совместные работы	
Сыктывкар	ОМ Коми НЦ УрО РАН	Совместные работы	
Томск	НИИ ЯФ ТПУ ТГУ	Совместные работы Совместные работы	

				Любовицкий В.Е. Ляхович С.Л. Трифонов А. Чумаков А. Филимонов С. + 11 чел. Култашев О.К.+ 3 чел. Николаев Н.Н. Матэеску Г. + 3 чел. Карачук Ю.-Т. Липчински Д. Попович Ю. + 2 чел. Савастру Д. Малетич Д. + 2 чел. Зрубев В. + 5 чел. Ондриш Л. + 6 чел. Трписова Б. Янек М. Вокал С. Мартинска М. Урбан Й. Алесси Дж. + 3 чел. Лебедев В. Нагайцев С. Харзеев Д.Э. + 3 чел. Олимов Х.К. + 7 чел. Бугаев К.А. Горенштейн М.И. Зиновьев Г.М. + 5 чел. Синюков Ю.М. Бояринцев А.Ю. Гринев Б.В. Елисеев Д.А. Жмурин П.Н. + 3 чел. Лященко В.Н. Сотников В.В. + 3 чел. Борщев В.Н. Климова Л.В. Провенко М.А. Тымчук И.Т. Фомин А.А. Гапон А.В. Гриценко В.И. Залюбовский И.И. Ковтун В.Е. + 2 чел. Ляшенко В.Н. Плетнев В.М. Рева С.Н. Турчин А.А. Черный А.В. Чишкала В.В. Шкилев А.Л. Айхелин Й. Хартнак К. Томази-Густафссон Э. + 1 чел.
Румыния	Фрязино Черноголовка Бухарест	ИСТОК ИТФ РАН IFIN-НН INCDIE ICPE-CA	Соглашение Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы	
Сербия Словакия	Мэгуреле Белград Братислава Жилина Кошице	INOE2000 Ун-т IMS SAS UNIZA UPJS	Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы	
США	Аптон Батавия	BNL Fermilab	Соглашение Совместные работы	
Узбекистан Украина	Стони-Брук Ташкент Киев Харьков	SUNY ФТИ АН РУз ИТФ НАНУ ИСМА НАНУ ННЦ ХФТИ СТУ ХНУ	Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы	
Франция	Нант Сакле	SUBATECH CEA	Совместные работы Совместные работы	

ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Совместные работы	Касперс Ф. Кирби Г. Клюге А. Липпман К. Майерс С. + 2 чел. Торндалл Л.
Чехия	Витковице	VHM	Соглашение	Брож И. Бурда П. Гайда Я. Хавранек Я. Цибулкова Е.
	Либерец Оломоуц	TUL	Совместные работы	Шульц М.
		UP	Совместные работы	Квита Й. Машлань М. Ножка Л. Рослер Т.
	Прага	CTU	Совместные работы	Вириус М. Врба В. Гавранек М. Йари В. Ледницки Д. Марчишовски М. Нови Й. Нойэ Г. Популе Й. Томашек Л. Земко М. Прохазка М. Слунечка М. Слунечкова В. Степанкова Х. Фингер М. Хрусовски Я. Яндек М.
Ржеж	VP NPI CAS	CU	Совместные работы	Хедбавны П. Вагнер В. + 4 чел. Кушпиль В. Кушпиль С. Михайлов В. Свобода О. Тлусти П. Кулешов С. + 5 чел.
				Совместные работы
Чили	Вальпараисо	UTFSM	Соглашение	Кулешов С. + 5 чел.
Швеция ЮАР	Сантьяго	UNAB	Совместные работы	Кулешов С.
	Стокгольм	SU	Совместные работы	Ренсфельт К.Г. + 4 чел.
	Йоханнесбург	UJ	Совместные работы	Муронга А. + 1 чел.
		WITS	Совместные работы	Мелладо Б. + 5 чел.
Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Вандевурд Ш. + 3 чел. Джонс П. + 5 чел. Стодарт Н. Бэйли Т. Ньюман Р. Ивата Т. Хорикава Н. Катаяма Т.	
Япония	Стелленбос	SU	Совместные работы	Бэйли Т. Ньюман Р. Ивата Т. Хорикава Н. Катаяма Т.
	Нагоя	Nagoya Univ.	Совместные работы	Ивата Т. Хорикава Н. Катаяма Т.
	Токио	Nihon Univ.	Совместные работы	Катаяма Т.

Байкальский глубоководный нейтринный телескоп гигатонного объема (Baikal-GVD)

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 глубоководного детектора до объема регистрации 1 км³ в исследованиях потоков нейтрино высоких энергий астрофизического происхождения.

Проект:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. Байкальский глубоководный нейтринный телескоп гигатонного объема (Baikal-GVD)	Белолаптиков И.А. Заместитель: Розов С.В.	02-2-1148-1-2010/2028

Проект:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. Байкальский глубоководный нейтринный телескоп гигатонного объема (Baikal-GVD)	Белолаптиков И.А. Заместитель: Розов С.В.	Реализация
ЛЯП	Аллахвердян В.А., Антонов П.И., Борина И.В., Вольных В.П., Голубев А.В., Голубков К.В., Горшков Н.С., 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., Минаев М.А., Морозова Т.А., Наумов Д.В., Орлов Д.А., Петухов Д.П., Плисковский Е.Н., Сандуковский В.Г., Сафронов Г.Б., Сеитова Д., 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 фундаментальные проблемы астрофизики и физики элементарных частиц: идентификация астрофизических источников нейтрино сверхвысоких энергий, механизмы формирования и эволюции галактик и др. В частности, как ближайшая задача, картирование неба высокоэнергетических нейтрино в Южном полушарии, включая область галактического центра. Другие темы включают косвенный поиск темной материи путем обнаружения нейтрино, образующихся при аннигиляции WIMP на Солнце или в центре Земли. Baikal-GVD также будет искать экзотические частицы, такие как магнитные монополи, суперсимметричные Q-болы или нуклеариты. Уникальный нейтринный телескоп Baikal-GVD является одной из основных базовых установок ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Создание глубоководного нейтринного телескопа масштаба 1 км³ на озере Байкал. Исследование потоков нейтрино высоких энергий из космоса, поиск гипотетических частиц-магнитных монополей, а также частиц - кандидатов на роль темной материи. Большой объем детектирования в комбинации с высоким угловым и энергетическим разрешением и умеренные фоновые условия, характерные для пресной воды, позволяют вести эффективные исследования 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 двенадцати кластерах нейтринного телескопа Baikal-GVD. Поиск и изучение нейтрино высоких энергий астрофизической природы. Подготовка и постановка следующих кластеров детектора. Разработка и тестирование новой системы сбора и передачи данных, обеспечивающей снижение порога регистрируемых энергий.

Сотрудничество:

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

Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)

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, Италия, Казахстан, Китай, Мексика, Молдова, 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 ЛНС 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:

1. 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.
2. 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

1. Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)

Руководители проекта

Кореньков В.В.
Шматов С.В.
Заместители:
Долбилов А.Г.
Подгайный Д.В.
Стриж Т.А.

Шифр проекта

06-6-1118-1-2014/2030

Проект:

Наименование проекта

Лаборатория (Подразделение)

1. Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)

Руководители проекта

Ответственные от лаборатории

Кореньков В.В.
Шматов С.В.
Заместители:
Долбилов А.Г.
Подгайный Д.В.
Стриж Т.А.

Статус

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., Бондяков А.С., Бутенко Ю.А., 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., Гуцин А.Э., Дергунов В.П., Дереновская О.Ю., 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., Ключев А.Е., Кокорев А.А., Комков А.В., Кондратьев А.О., Коробова Г.А., Кретова С.А., Кудасова И.В., Кудряшова О.Н., Кулаков В.И., Кульпин Е.Ю., Кутковский Н.А., Лаврентьев А.А., Легашёв Ю.М., Ленский И.И., Любимова М.А., Мажитова Е., Максимов М.А., Марков В.Н., Марченко С.В., Матвеев М.А., Махалкин А.Н., Медянцева А.А., Митюхин А.Н., Мицын В.В., Мищенко Н.Н., Некрасов В.Н., Некрасова И.К., 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., Тонеева Е.В., Торосян Ш.Г., Трофимов В.В., Трубочанинов 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., Минаев Ю.И., Мошкин А.Н., Рогачевский О.В., Слепов И.П.
ЛНФ	Сухомлинов Г.А.
ЛРБ	Чаусов В.Н.
ЛЯР	Багинян А.С., Поляков А.Г., Сорокоумов В.В.
ЛЯП	Жемчугов А.С., Иванов Ю.П., Капитонов В.А.
ЛТФ	Сазонов А.А.
УНЦ	Семенюшкин И.Н.

Краткая аннотация и научное обоснование:

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

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

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

В рамках МИВК предусмотрена как поддержка функционирования всех программно-аппаратных компонент МИВК – грид-сайтов уровня Tier1 и Tier2, облачной инфраструктуры, гиперконвергентного суперкомпьютера «Говорун», многоуровневой системы хранения данных, сетевой инфраструктуры, систем энергоснабжения и климат контроля, так и модернизация/реконструкция перечисленных выше компонент в соответствии с новыми тенденциями

развития ИТ-технологий и требованиями пользователей. Необходимо также обеспечить высокоскоростные телекоммуникации, современную локальную сетевую инфраструктуру и надежную инженерную инфраструктуру, обеспечивающую гарантированное энергообеспечение и кондиционирование серверного оборудования.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Модернизация инженерной инфраструктуры МИВК ОИЯИ (реконструкция в соответствии с современными требованиями машинного зала 4-го этажа ЛИТ).
2. Модернизация и развитие распределенной вычислительной платформы для проекта NICA с привлечением вычислительных центров коллаборации NICA.
3. 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 ЛНС.
4. Расширение облачной инфраструктуры ОИЯИ с целью увеличения предоставляемого пользователям спектра сервисов на основе технологий контейнеризации. Автоматизация развертывания облачных технологий в организациях стран-участниц ОИЯИ.
5. Расширение гетерогенной платформы HybridIT, включая суперкомпьютер «Говорун», как гиперконвергентной программно-определяемой среды с иерархической системой хранения и обработки данных.
6. Проектирование и разработка распределенной программно-конфигурируемой высокопроизводительной вычислительной платформы, объединяющей суперкомпьютерные (гетерогенные), грид- и облачные технологии для эффективного использования новых вычислительных архитектур.
7. 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:

1. Поддержание в режиме 24x7x365 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. Поддержка стандартных сетевых сервисов: электронной почты (SMTP, IMAP, POP3, WebMail), файлового обмена (ftp, scp, sftp, http, https), безопасности (ssh, https, TACACS authentication, dns, SSO), поддержка базы данных пользователей, поддержка базы данных сетевых элементов IPDB, т.д.
2. Техническое обслуживание и эксплуатация в режиме 24x7x365 полнофункциональной и оптимальной работы систем гарантированного электроснабжения (дизель генераторы, источники бесперебойного питания) и климатического контроля (чилеры, сухие градирни, межрядные кондиционеры и т.д.) вычислительной инфраструктуры МИВК. Ввод в эксплуатацию новой системы противопожарной безопасности инфраструктуры МИВК. Проектирование и начало модернизации серверной в зале 4-го этажа здания ЛИТ.
3. Нарастивание производительности и системы хранения базовых компонент МИВК – Tier1 центра до 22000 CPU-ядер и 14500 ТБ, Tier2/ЦИВК до 11000 CPU-ядер, системы EOS до 27 ПБ. Увеличение полного объема роботизированного ленточного хранилища до 70 ПБ. Поддержка и сопровождение работы пользователей с системой EOS. Поддержка системы доступа к домашним директориям пользователей ОИЯИ – AFS. Развитие и поддержка единой системы хранения и доступа к общему программному обеспечению CVMFS. Поддержка программной системы работы с ленточными роботами - СТА. Создание и обновление полигона для отладки и тестирования нового программного обеспечения наиболее важных компонент МИВК. Поддержка и сопровождение работы виртуальных организаций WLCG, экспериментов NICA, COMPASS, NOvA, ILC и т.д., локальных групп пользователей на ресурсах Tier1 и Tier2 МИВК.
4. Расширение количества пользователей и участников распределенной информационно-вычислительной среды (РИВС) на базе облачных ресурсов организаций из стран-участниц ОИЯИ. Развитие средств функционального мониторинга облачных ресурсов, подключенных к РИВС. Нарастивание вычислительных ресурсов облака МИВК, в том числе за счёт ресурсов, приобретённых экспериментами Baikal-GVD, JUNO, NOvA/DUNE, и их сопровождение. Миграция ОС серверов всех компонент облака ОИЯИ, а также развернутых в облаке виртуальных кластеров HTCondor и JupyterHub, на новую ОС в связи с окончанием в июне 2024 года жизненного цикла ОС CentOS Linux 7. Разработка и внедрение системы мониторинга кластера JupyterHub. Внедрение системы мониторинга кластера HTCondor на базе сборщика метрик htcondor-exporter собственной разработки.

5. Переход на новую версию DIRAC: DIRAC 8. Разработка и внедрение системы анализа производительности ресурсов, включенных в распределённую гетерогенную вычислительную среду на базе DIRAC. Развитие средств и подходов к мониторингу передач данных.
6. Разработка распределенной системы хранения и обработки горячих данных под управлением параллельных низколатентных файловых систем Lustre/BeeGFS, а также распределенного хранилища данных DAOS, и включение этой системы в иерархическую структуру обработки и хранения данных суперкомпьютера «Говорун» и офлайн кластера NICA для моделирования и реконструкции событий для экспериментов комплекса NICA.
7. Ввод в опытную эксплуатацию компонентов прототипа системы обработки данных в распределенной вычислительной среде для эксперимента SPD (SPD Offline computing). Опытная эксплуатация системы управления данными и отработка ее взаимодействия с системой управления обработкой данных. Развитие специализированных сервисов, характерных для центров уровня Tier0.
8. Развитие и поддержка действующей системы мониторинга и аккаунтинга МИВК, включение в список мониторируемых сервисов и оборудования отслеживания параметров новых вычислительных и инженерных элементов. Разработка новых скриптов для автоматизации процессов сбора данных. Создание скрипта оповещения о неисправностях при передаче данных для файловой системы dCache. В рамках создания комнаты управления инженерными системами (систем электропитания и климат-контроля) будут разработаны специальные информационные дисплеи со схематичными отображениями этих систем. Разработка аналитических систем, способных в реальном времени оповещать о наиболее критических проблемах МИВК.

Активности:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. Цифровая экосистема ОИЯИ	Кореньков В.В.	2024-2026
ЛИТ	Белов С.Д. 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., Некрасова И.К., Пашкова М.М., Попкова Л.В., 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	Шейко А.В.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

Активность связана 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:

1. Создание программно-аппаратной и методической основы для функционирования общеинститутской цифровой платформы.
2. Разработка и внедрение в единую среду цифровых сервисов для распределенного доступа к ресурсам – информационным, вычислительным, административным, организационным.
3. Перевод процессов получения разрешений, согласований и заявок разных типов в цифровую форму.
4. 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:

1. Создание и взаимная интеграция существующих базовых сервисов цифровой инфраструктуры: аутентификации, управления и контроля ролями и правами доступа, шины обмена данными, системы уведомлений, автоматизированного каталога данных, распределенного хранилища.
2. Ввод в эксплуатацию пользовательского интерфейса экосистемы, включая механизмы и методики интеграции в него сервисов, организацию обратной связи с пользователями на основе электронных заявок, систему уведомлений и оповещений. Разработка административных механизмов для поддержания работы ЦЭС, включая распределение ролей и обязанностей, а также цепочек согласования для сервисов и ЦЭС в целом. Создание набора технических условий и шаблонов программ для разработчиков цифровых сервисов.
3. Ввод в опытную эксплуатацию прототипа сервиса институционального репозитория публикаций сотрудников ОИЯИ, позволяющего создавать и обновлять данные профиля автора и структурных подразделений, получать библиографические метаданные из внешних источников, загружать метаданные в репозиторий в автоматическом режиме с привязкой к профилям авторов.
4. Ввод в опытную эксплуатацию прототипа сервиса для хранения документации, обеспечивающего возможности централизованного хранения и обмена различными типами документации между пользователями системы. Перенос в сервис и объединение данных из существующих устаревших разрозненных баз научной документации.
5. Текущая поддержка и развитие СЭД «Дубна», в том числе создание подсистемы архивного хранения документов, разработка новых и модификация существующих электронных документов и отчетов в соответствии с приказами по Институту и заявками пользователей, расширение сферы применения СЭД «Дубна» для получения разрешений, согласований и заявок разных типов.
6. Реализация в геоинформационной системе следующих возможностей для поддержки деятельности технологических служб ОИЯИ: учет инженерных сетей различного типа со всеми необходимыми атрибутами, земельных участков, объектов недвижимости, благоустройства и инфраструктуры, привязка к объектам электронных документов (схем, фото, и пр.) и информации о проводимых работах с привязкой ко времени (реконструкции, ремонтах и пр.). Реализация возможности редактирования геометрии объектов и их атрибутов, создания новых объектов. Создание ролевой модели для разграничения доступа к информации об объектах.

2. Многоцелевая программно-аппаратная платформа аналитики Больших данных ЛИТ

Зрелов П.В.

2024-2026

Белов С.Д., Гавриленко Ю.Е., Заикина Т.Н., Зрелова Д.П., Ильина А.В., Кашунин И.А., Матвеев М.А., 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:

1. Создание универсального ядра платформы интеллектуального анализа Больших данных.
2. Разработка и реализация в рамках платформы ряда типовых программных решений для различных классов задач.
3. Разработка и развитие аналитических инструментов для Цифровой экосистемы ОИЯИ.
4. Разработка методов и создание комплексных решений анализа безопасности данных и компьютерных систем.
5. Развитие в рамках аналитической платформы методов искусственного интеллекта и создание программного окружения для работы с технической и научной информацией.
6. 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:

1. Создание прототипа инфраструктуры и программно-аналитической платформы Больших данных;
2. Методология анализа потоковых данных с большой скоростью поступления;
3. Разработка интеллектуальных витрин данных на основе подхода Больших данных.

Сотрудничество:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	АДА ИФ НАНА	Совместные работы Совместные работы	Адамов А. Мамедов Н.Т. + 5 чел.
Армения	Ереван	ИПИА НАН РА	Соглашение	Саакян В.Г.
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ ОИПИ НАНБ ОИЭЯИ-Сосны НАНБ	Совместные работы и обмен визитами Совместные работы и обмен визитами Совместные работы и обмен визитами	Макаренко В.В. + 3 чел. Тузиков А.В. + 2 чел. Бабичев Л.Ф. + 3 чел.
Болгария	София	INRNE BAS SU	Совместные работы Совместные работы	Георгиев С.Л. + 3 чел. Димитров В.
Грузия	Тбилиси	GRENA GTU TSU	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Кватадзе Р. Прангишвили А. Модебадзе З. Элизбарашвили А.
Египет	Гиза	CU	Совместные работы	Суэйлам Н. Эльлити А.
	Каир	ASRT	Совместные работы	Аллам А. АлСадек М.
Италия	Болонья	INFN	Совместные работы	Марон Г. Сапуненко В.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Буртебаев Н.Т. Сахиев С.К.
Китай	Астана	АФ РГП ИЯФ	Совместные работы	Здоровец М.В.
	Пекин	ИНЕР CAS	Совместные работы	Ли В.Д.
Мексика	Мехико	UNAM	Совместные работы	Айяла А.
Молдова	Кишинев	RENAM ИМИ МолдГУ	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Богатенков П.П. Кожокару С. Базнат М.
Монголия	Улан-Батор	IMDT MAS	Совместные работы	Ууганбаатар Д.
Россия	Владивосток	ИАПУ ДВО РАН	Соглашение	Грибова В.В. Ромашко Р.В.
	Владикавказ	СОГУ	Соглашение	Кулаев Р.Ч. Огоев А.У. Тваури И.В.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Кирьянов А.К.
	Дубна	Гос. ун-т «Дубна» ОЭЗ «Дубна» ЦКС «Дубна»	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Нечаевский А.В. Черемисина Е.Н. Рац А.А. Елеферов С.В.
	Москва	ГПКС ИПМ РАН	Совместные работы Совместные работы	Куликов А.А. Окулов Ю.Н. Буйдинов Е.В. Прохоров Ю.В. Афендииков А.Л. Четверушкин Б.Н.

		ИППИ РАН	Совместные работы	Афанасьев А.П. + 2 чел. Волошинов В.В. Посыпкин М.А.
		ИСП РАН	Совместные работы	Аветисян А.И.
		ИТЭФ	Совместные работы	Гаврилов В.Б. Королько И.Е.
		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	Совместные работы	Щур Л.Н.
		НИЦ КИ	Совместные работы	Велихов В.Е. Ильин В.А. Рябинкин Е.А. Валентей С.Д.
		РЭУ	Совместные работы	Соколов И.А.
	Москва, Троицк	ФИЦ ИУ РАН	Совместные работы	Каравичев О.В.
		ИЯИ РАН	Совместные работы	Степанова Л.И.
	Новосибирск	ИВМиМГ СО РАН	Совместные работы	Черных И.Г.
		ИЯФ СО РАН	Совместные работы	Анисенков А.В. Левичев П.В. Скринский А.Н. Тихонов Ю.А. Зубавичус Я.В. Левичев Е.Б. Потеряев В.С.
		ЦКП «СКИФ»	Совместные работы	Абрамов С.М.
	Переславль-Залесский	ИПС РАН	Совместные работы	Гусев В.В.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Котляр В.В. Минаенко А.А.
	Пушино	ИМПБ РАН	Совместные работы	Лахно В.Д. + 2 чел. Устинин М.Н.
	Санкт-Петербург	НИИФ СПбГУ	Совместные работы	Зароченцев А.К. Феофилов Г.А. Шабаев В.К.
		СПбГПУ	Совместные работы	Болдырев Ю.Я. + 2 чел.
		СПбГУ	Совместные работы	Богданов А.В. + 2 чел. Дегтярев А.Б.
		Ун-т ИТМО	Совместные работы	Бухановский А.В.
	Самара	СУ	Совместные работы	Сойфер В.А.
	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	ASGCSA	Совместные работы	Лин С.

Узбекистан	Ташкент	АН РУз ИЯФ АН РУз	Совместные работы Совместные работы	Юлдашев Б.С. Садьков И.И.
Франция ЦЕРН	Марсель Женева	СРРМ ЦЕРН	Совместные работы Совместные работы	Царегородцев А. Андреева Ю. Компана С. + 5 чел.
ЮАР	Кейптаун	УСТ	Совместные работы	Беккер Б.

Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)

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

Заместители: Семин В.А.
Еремин А.В.

Научный руководитель: Оганесян Ю.Ц.

Участвующие страны и международные организации:
Египет, Казахстан, Китай, Монголия, Россия, Сербия, ЮАР, Индия.

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 в диапазоне энергии от 5 до 100 МэВ/нуклон при одновременном снижении энергопотребления. Целью проекта является существенное повышение эффективности проведения экспериментов по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов, а также легких ядер на границах нуклонной стабильности, расширению программы экспериментов с пучками радиоактивных нуклидов.

Помимо этого, продолжаются строительство и работа по запуску циклотрона ДЦ-140 для комплексных 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. <i>Заместители:</i> Семин В.А. Еремин А.В.	03-5-1129-1-2024/2028
2. Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов	Еремин А.В. <i>Заместитель:</i> Родин А.М.	03-5-1129-2-2024/2028

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. Создание ускорительного комплекса У-400Р	Калагин И. В. Попеко А. Г. <i>Заместители:</i> Семин В.А. Еремин А.В.	Изготовление
ЛЯР	Басс В., Богачев А.А., Барбашев М.Б., Ваганов Р.Е., Веревошкин В.А., Воробьев И.В., Быков А.Н., Гикал К.Б., Жукова А.О., Забанов А.С., Загребаява С.И., Зинченко С.Ю., Иваненко И.А., Иванов Г.Н. Иткис Ю.М., Казаринов Н.Ю., Кленов Е.А., Княжева Г.Н., Козулин Э.М., Козулина Н.И., Костырев В.А., Куликов А.В., Кульков К.А., Лисов В.И., Макаров М.И., Новиков К.В., Осипов Н.Ф., Остроухов А.А.,	

Пащенко С.В., Пчелинцев И.В., Савельева Е.О.,
Сидоров А.А., Суслов А. А., Тихомиров А. В.,
Тихомиров Р.С., Франко Й., Чернышев О. А.

Краткая аннотация и научное обоснование:

Цель работ – создание ускорительного комплекса У-400Р для подробного изучения механизмов ядерных реакций с пучками стабильных тяжелых ионов (процессы слияния-деления, квазиделения, многонуклонных передач и др.), синтеза в этих реакциях новых нуклидов, а также спектроскопии распада исследуемых ядер. Проект включает в себя такие задачи, как строительство нового Экспериментального зала, модернизация циклотрона У-400 (У-400Р после модернизации), а также создание новых сепараторов и систем ионопроводов для транспортировки пучков. На ускорительном комплексе будут детально исследоваться свойства изотопов тяжелых и сверхтяжелых элементов, а также осуществляться поиск новых методов синтеза тяжелых нуклидов. Данные исследования не предполагают использование радиоактивного мишенного материала в количестве, превышающем 10^5 Бк.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Модернизация циклотрона У-400 (У-400Р после модернизации).
2. Строительство нового экспериментального зала циклотрона У-400Р.
3. Создание новых экспериментальных установок и каналов транспортировки пучков ионов от У-400Р.
4. Продолжение работ по созданию и запуску циклотрона ДЦ-140 для комплексных прикладных исследований.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Завершение модернизации и запуск циклотрона У-400М. Обеспечение первых экспериментов.
2. Развитие инфраструктуры фрагмент-сепаратора АКУЛИНА-2 (ВЧ-фильтр, система тритиевого обеспечения).
3. Выполнение программы физических экспериментов на циклотроне У-400.
4. Строительство экспериментального зала циклотрона У-400Р.
5. Начало реконструкции циклотрона У-400 (У-400Р).
6. Разработка проекта кинематического сепаратора продуктов реакций многонуклонных передач.
7. Разработка концепции установки для исследования механизмов ядерных реакций SCIF-D.
8. Создание циклотрона ДЦ-140.
9. Развитие методов диагностики пучков стабильных и радиоактивных нуклидов.
10. Тестовый запуск криогенной газовой ионной ловушки.
11. Развитие систем спектрометра МАВР.

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

ЛЯР

Еремин А.В.
Заместитель:
Родин А.М.

Изготовление

Веденеев В.Ю., 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., Новоселов А.С.,
Опихал А., Петрушкин О.В., Подшибякин А.В.,
Саламатин В.С., Соловьев Д.И., Чернышева Е.В.,
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 сверхпроводящего газонаполненного сепаратора GASSOL и многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра. Магнитный газонаполненный сепаратор (GASSOL) предназначен для изучения атомных свойств и химического поведения короткоживущих ($T_{1/2} < 0.5$ с) 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:

1. Разработка методов для получения интенсивных пучков ^{48}Ca , ^{50}Ti , ^{54}Cr и др.
2. Сборка соленоида сверхпроводящего газонаполненного сепаратора GASSOL
3. Создание многоотражательного времяпролетного масс-спектрометра.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Обеспечение экспериментов по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов на Фабрике сверхтяжелых элементов.
2. Создание сепаратора GASSOL для радиохимических исследований сверхтяжелых элементов.

Сотрудничество:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники	
Египет	Гиза	CU	Совместные работы	Самман Х.Э.	
	Шибин-эль-Ком	MU	Совместные работы	Озман Х.А.	
Индия	Нью Дели	IUAC	Совместные работы	Мадхаван Н. + 3 чел.	
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Батырбеков Э.Г. + 3 чел.	
		Астана	АФ РГП ИЯФ	Совместные работы	Здоровец М.В. + 3 чел.
		ЕНУ	Совместные работы	Кутербеков К.А.	
	Ланьчжоу	IMP CAS	Соглашение	Ган З. + 6 чел.	
Монголия	Улан-Батор	NRC NUM	Совместные работы	Зузаан П.	
Россия	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Кулевой Т.В. + 4 чел.	
		НИЯУ «МИФИ»	Совместные работы	Полозов С.М. + 3 чел.	
		ЦВТД	Совместные работы	Гучкин А.С.	
		Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Фещенко А.В.
	Нижний Новгород	ИПФ РАН	Совместные работы	Голубев С.В. + 5 чел.	
		Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Соглашение	Литвак А.Г.
		Санкт-Петербург	ИАП РАН НИИЭФА	Совместные работы Совместные работы	Логачев П.В. + 5 чел. Явор М.И. + 1 чел. Строкач А.П. + 12 чел.
	Саров	ВНИИЭФ	Совместные работы	Сычевский С.Е.	
		Снежинск	РФЯЦ-ВНИИТФ	Совместные работы	Юхимчук А.А. + 3 чел.
		Белград	INS «VINCA»	Совместные работы	Мамаев И.В. + 3 чел.
Сербия			Совместные работы	Беличев П.	
			Совместные работы	Вуевич В.	
			Совместные работы	Петрович С.	
	Порт-Элизабет	NMU	Совместные работы	Фарук С.	
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Барк Р. Махатхيني Л. Мира Дж.	
ЮАР	Стелленбос	SU	Совместные работы	Барнард А. + 2 чел.	
	Фандербейлпарк	VUT	Совместные работы	Абу эль Хоссейн Халед	

Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров

Руководитель: Лычагин Е.В.

Участвующие страны и международные организации:

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

Изучаемая проблема и основная цель исследований:

Установление взаимосвязи между особенностями структурного строения материала и его физическими свойствами на микроскопическом уровне является одной из основополагающих задач, определяющих развитие современных представлений в области физики конденсированных сред, материаловедения, химии, геофизики, инженерных наук, биологии и фармакологии. Уникальное преимущество использования нейтронных методов исследования делает их применение наиболее оптимальным, а в ряде случаев и единственным подходом для решения широкого спектра актуальных фундаментальных и прикладных задач. Для успешного выполнения программы нейтронных исследований первостепенное значение имеет поддержка и развитие крупных инфраструктур, охватывающих источник нейтронов и комплекс спектрометров.

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 импульсного реактора на быстрых нейтронах была включена в Семилетний план развития ОИЯИ на 2017-2023 годы, что имеет ключевое значение для успешного продолжения программы нейтронных исследований после окончания срока эксплуатации ИБР-2. По результатам совместной научно-исследовательской работы ОИЯИ и АО НИКИЭТ (ГК «Росатом»), которая заключалась в анализе вариантов исполнения высокопоточного импульсного источника нейтронов периодического действия, для дальнейшей проработки была выбрана концепция импульсного быстрого реактора НЕПТУН с топливом на основе нитрида нептуния. К основным этапам разработки концепции нового реактора НЕПТУН 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-исследовательской и опытно-конструкторской работы, 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.

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. <i>Заместители:</i> Авдеев М.В. Бокучава Г.Д.	04-4-1149-2-1-2024/2028
2.2. Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии ВЛН (Байорек- Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2	Худоба Д.М.	04-4-1149-2-2-2021/2028
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.	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 / подпроекты:

Наименование проекта / подпроекта Лаборатория (Подразделение)	Руководители Ответственные от лаборатории	Статус
1. Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов ЛНФ	Виноградов А.В. Долгих А.В. Беляков А.А., Денисенко Д.Ю., Кривов В.А., Магеррамова С.А., Пепельшев Ю.Н., Слотвицкий Ю.М., Тайыбов Л.А., + 50 инженеров, + 40 рабочих	Реализация

Краткая аннотация и научное обоснование:

Главной задачей темы 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 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:

1. Криогенные замедлители, обеспечивающие выполнение перспективной и конкурентной программы физических исследований.
2. Современное оборудование систем, важных для безопасности ИЯУ ИБР-2.
3. Для обеспечения гарантированной эксплуатации ИЯУ ИБР-2 будет полностью подготовлен к работе резервный подвижный отражатель ПО-3Р.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Оформление лицензии Ростехнадзора на право эксплуатации ИЯУ ИБР-2. 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 ПО «Маяк» 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.

Подпроект:

1.1. Создание комплекса криогенных замедлителей реактора ИБР-2
ЛНФ

Беляков А.А.
Булавин М.В.

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

Реализация

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 реактора ИБР-2». Создаваемый уникальный комплекс криогенных замедлителей (ККЗ) с использованием смеси ароматических углеводородов мезитилена и метаксилола в пропорции 3 к 1, в твердой 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 технического задания на проектирование. Ввод в эксплуатацию криогенного замедлителя КЗ-203 позволит обеспечить холодными нейтронами экспериментальные каналы по направлению нейтронных пучков № 2, 3.

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, КЗ-203, 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 2023 г. планируется ввести в эксплуатацию вторую криогенную установку фирмы Linde AG с мощностью 1800 Вт (КТУ 1800/10) при температуре 10К. До конца 2023 г. планируется выполнить работы по оптимизации эксплуатации криогенного комплекса, разработать техническое задание на проектирование криогенного замедлителя КЗ-203 для пучков 2 и 3.

Сотрудничество:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	ИРП НАНА	Совместные работы	Таибов Л.
Беларусь	Минск	ОИЭЯИ-Сосны НАНБ	Совместные работы	Бабичев Л.Ф. + 3 чел.
Монголия	Улан-Батор	ИРТ 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.
		СНИИП-СИСТЕМАТОМ	Совместные работы	Зайкин А.А. + 10 чел.
Румыния	Бухарест	IFIN-НН	Совместные работы	Дима О. + 2 чел.

Проект:

2. Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов

ЛНФ, ЛИТ, ЛТФ, ЛФВЭ, ЛЯР

**Козленко Д.П.
Аксенов В.Л.
Балагуров А.М.**

см. участников подпроектов

Реализация

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 магнитоstriction 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:

1. 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.
2. 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 проекту в текущем году:**Реализация научной программы**

1. Определение характеристик атомной структуры и фазовых состояний интерметаллических функциональных материалов, включая магнитоstrictionные сплавы Fe-Ga и сплавы с эффектом памяти формы.
2. Определение параметров атомной и магнитной структуры низкоразмерных магнитных материалов в широком диапазоне термодинамических параметров (температуры, давления).

3. Анализ эффектов влияния высокого давления на структурные и магнитные свойства функциональных материалов.
4. Анализ сложных структурных и микроструктурных состояний твердых электролитов и электродов для ионных аккумуляторов.
5. Определение структуры и анализ динамики функциональных материалов с молекулярными комплексами и ионных жидкостей.
6. Установление явлений и эффектов, связанных с сосуществованием магнетизма и сверхпроводимости в слоистых структурах на основе переходных, редкоземельных и др. металлов.
7. Определение структурных характеристик углеродных наноматериалов, тонких пленок одностенных углеродных нанотрубок на подложках.
8. Определение структуры и кинетики агрегации в растворах фуллеренов разной полярности, а также в растворах фуллеренов с разными аминокислотами.
9. Анализ структурных особенностей магнитных наносистем, включая коллоидные наносистемы, композиты с магнитными наночастицами, агрегационные эффекты в магнитных жидкостях и магнитные наноструктуры ядро-оболочка.
10. Определение структурных характеристик полимерных систем на подложках, мицелл ПАВ в объеме и на поверхности, комплексов ПАВ и мицелл.
11. Анализ структурной организации полимерных наноматериалов, стеклования полимеров и полимерных тонких пленок.
12. Анализ физико-биологических свойств липидных и нативных мембран, белковых взаимодействий, структуры и свойств белков и мембран-белковых комплексов, кристаллизации белков.
13. Определение структурных характеристик и изучение свойств биогибридных комплексов.
14. Определение внутренних напряжений и микродеформаций в конструкционных материалах и объемных изделиях, геологических объектах.
15. Текстуальный анализ биологических и палеонтологических образцов, образцов конструкционных материалов, горных пород.
16. 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

1. Установка элементов нейтронно-проводной системы спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга на 10 канале.
2. Развитие нейтронно-проводной системы нового дифрактометра ДН-6 для исследования микрообразцов, направленное на увеличение светосилы и расширение доступного диапазона высоких давлений.
3. Улучшение технических параметров и расширение экспериментальных возможностей многофункционального рефлектометра ГРЭИНС (запуск нового прерывателя нейтронного пучка, развитие электрохимических и жидкостных ячеек для проведения экспериментов).
4. Модернизация действующих спектрометров реактора ИБР-2, направленная на улучшение их технических характеристик, замену устаревших и вышедших из строя элементов.
5. Усовершенствование корреляционного спектрометра FSS на 13 канале ИБР-2 и улучшение его технических параметров. Дальнейшее развитие корреляционного RTOF-метода.

Подпроекты:

- 2.1. Исследование структуры и динамики функциональных материалов и наносистем на базе комплекса спектрометров реактора ИБР-2 ЛНФ**

ЛИТ
ЛТФ
ЛФВЭ
ЛЯР

Козленко Д.П.
Заместители:
Авдеев М.В.
Бокучава Г.Д.

Авдеев М.В. + 10 чел., Асадов А.Г., Аскеров Э.Б., Бокучава Г.Д. + 20 чел., Гасанов К.М., Кичанов С.Е. + 20 чел., Куклин А.И. + 12 чел., Набиев А.Н., Турченко В.А. + 6 чел., Худоба Д.М. + 5 чел.

Земляная Е.В., Соловьев А.Г.

Юшанхай В.Ю.

Тютюнников С.И.

Апель П.Ю., Скуратов В.А.

Реализация

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 завершении подпроекта:

1. 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.
2. 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

1. Определение характеристик атомной структуры и фазовых состояний интерметаллических функциональных материалов, включая магнитострикционные сплавы Fe-Ga и сплавы с эффектом памяти формы.
2. Определение параметров атомной и магнитной структуры низкоразмерных магнитных материалов в широком диапазоне термодинамических параметров (температуры, давления).
3. Анализ эффектов влияния высокого давления на структурные и магнитные свойства функциональных материалов.
4. Анализ сложных структурных и микроструктурных состояний твердых электролитов и электродов для металл-ионных аккумуляторов.
5. Определение структуры и анализ динамики функциональных материалов с молекулярными комплексами и ионных жидкостей.
6. Установление явлений и эффектов, связанных с сосуществованием магнетизма и сверхпроводимости в слоистых структурах на основе переходных, редкоземельных и др. металлов.
7. Определение структурных характеристик углеродных наноматериалов, тонких пленок одностенных углеродных нанотрубок на подложках.
8. Определение структуры и кинетики агрегации в растворах фуллеренов разной полярности, а также в растворах фуллеренов с разными аминокислотами.
9. Анализ структурных особенностей магнитных наносистем, включая коллоидные наносистемы, композиты с магнитными наночастицами, агрегационные эффекты в магнитных жидкостях и магнитные наноструктуры ядро-оболочка.

10. Определение структурных характеристик полимерных систем на подложках, мицелл ПАВ в объеме и на поверхности, комплексов ПАВ и мицелл.
11. Анализ структурной организации полимерных наноматериалов, стеклования полимеров и полимерных тонких пленок.
12. Анализ физико-биологических свойств липидных и нативных мембран, белковых взаимодействий, структуры и свойств белков и мембран-белковых комплексов, кристаллизации белков.
13. Определение структурных характеристик и изучение свойств биогибридных комплексов.
14. Определение внутренних напряжений и микродеформаций в конструкционных материалах и объемных изделиях, геологических объектах.
15. Текстуальный анализ биологических и палеонтологических образцов, образцов конструкционных материалов, горных пород.
16. 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

1. Установка элементов нейтроноводной системы спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга на 10 канале.
2. Развитие нейтроноводной системы нового дифрактометра ДН-6 для исследования микрообразцов, направленное на увеличение светосилы и расширение доступного диапазона высоких давлений.
3. Улучшение технических параметров и расширение экспериментальных возможностей многофункционального рефлектометра ГРЭИНС (запуск нового прерывателя нейтронного пучка, развитие электрохимических и жидкостных ячеек для проведения экспериментов).
4. Модернизация действующих спектрометров реактора ИБР-2, направленная на улучшение их технических характеристик, замену устаревших и вышедших из строя элементов.
5. 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 VJN (Байорек-Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2
ЛНФ

Худоба Д.М.

Реализация

Горемычкин Е.А., 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 VJN (Байорек-Яник-Натканец). Сочетание высокого потока импульсного нейтронного источника ИБР-2, современной фокусирующей нейтронной оптики, анализаторов энергии с очень большой поверхностью (два анализатора с площадью $\sim 3.3 \text{ м}^2$) 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 VJN, 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 $4f$ и $3d$ 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 $4f$ и $3d$ переходных металлов;
- катализаторы;
- фотонные материалы промышленного применения;
- нанокompозитные материалы.

Ожидаемые результаты по завершении подпроекта:

1. Разработка и создание основных элементов спектрометра BJN.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:

1. Разработка технической документации для создания ряда элементов спектрометра.
2. Закупка кристаллов пиролитического графита для создания фокусирующего анализатора.

Сотрудничество:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	АзТУ	Совместные работы	Джабаров С.Г. Ходжаев Э.М.
		ИФ НАНА	Соглашение	Мамедов А.И.
Армения	Ереван	НИЦИКН	Совместные работы	Мехтиева Р.З. + 2 чел. Симонян А.Е. Ханзатян Г.А.
Беларусь	Минск	ННЛА	Совместные работы	Арутюнян В.В. + 2 чел.
		НИИ ФХП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Ивашкевич О.А. + 5 чел. Бокшиц Ю.В. + 3 чел.
		НПЦ НАНБ по материаловедению	Совместные работы и обмен визитами	Бушинский М.В. + 5 чел. Тишкевич Д.И. + 3 чел. Каланда Н.А. + 6 чел.
Болгария	София	IE BAS	Совместные работы	Куцарова Т. + 4 чел.
		IEES BAS	Соглашение	Райкова Г.
			Совместные работы	Владикова Д.Е. Петкова Т.
		INRNE BAS	Совместные работы	Крежов К.А. + 2 чел.
		ISSP BAS	Совместные работы	Чамати Х.
		UCTM	Соглашение	Петков П.К.
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Совместные работы	Алмаши Л. + 2 чел. Лен А. Надь Д.Л. + 2 чел. Рошта 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.
	Карлсруэ	KIT	Совместные работы	Шиллинг Ф. + 2 чел.

Египет	Гиза Каир	CU ASU	Совместные работы Совместные работы	Свейлам Н.Х. + 1 чел. Медхат И. + 3 чел. Ханан Эль Х. + 3 чел.
Индия	Патна	EAEA NIT Patna	Совместные работы	Элбахрави М.
Испания	Барселона Лехона	ICMAB-CSIC BCMaterials	Совместные работы Соглашение	Маджумдер С. Фина И. + 1 чел. Ланцерос-Мендес С. + 2 чел.
Италия	Мадрид	CENIM-CSIC	Совместные работы	Фернандес Р. + 1 чел.
Казахстан	Мессина Алма-Ата	UniMe ИЯФ	Совместные работы Совместные работы Соглашение	Ломбардо Д. Козловский А.Л. + 3 чел. Сахиев С.К. + 5 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	ИРТ MAS	Совместные работы	Сангаа Д. + 3 чел. Сэвжидсүрэн 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. Чупин В.В. + 15 чел.
	Долгопрудный Дубна	МФТИ Гос. ун-т «Дубна»	Совместные работы 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	КНИТУ КФУ	Совместные работы Совместные работы	Бакеева Р.Ф. Таюрский Д.А. + 3 чел.
	Калининград	БФУ им. И.Канта	Совместные работы	Гойхман А.Ю. Клементьев Е.С.
	Красноярск	ИФ СО РАН СФУ	Совместные работы Совместные работы	Ярославцев Р.Н. + 2 чел. Столяр С.В. + 2 чел.
	Москва	ФИЦ КНЦ СО РАН ГНЦ Ин-т иммунологии ИА РАН ИГЕМ РАН	Совместные работы Совместные работы	Столяр С.В. + 2 чел. Андреев С.М. + 2 чел.
		ИК РАН ИМЕТ РАН ИНМИ РАН	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Сапрыкина И.А. Жариков А.В. Лобанов К.В. Волков В.В. + 1 чел. Серебряный В.Н.
		ИОНХ РАН ИТПЗ РАН ИФЗ РАН	Совместные работы Совместные работы Соглашение Совместные работы	Гальченко В.Ф. Филлипова С.Н. Баранчиков А.Е. + 3 чел. Родкин М.В. Морозов Ю.А. Баюк И.О. Пономарев А.В. + 2 чел.

	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.
	МИЭТ НИИЯФ МГУ	Совместные работы Совместные работы	Яковлев В.Б. + 2 чел. Боос Э.Э. + 2 чел. Тетерева Т.В.
	НИТУ «МИСиС»	Совместные работы	Головин И.В. + 3 чел. Костишин В.Г. Панина Л.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.
Москва, Троицк	ПИН РАН	Совместные работы	Пахневич А.В.
	ФИЦ ХФ РАН	Совместные работы	Иткис Д.М. + 3 чел.
Нижний Новгород	ИФВД РАН	Совместные работы	Бражкин В.В. + 2 чел.
	ИЯИ РАН	Совместные работы	Садыков Р.А. + 2 чел.
	ИФМ РАН	Совместные работы	Фраерман А.А. + 3 чел.
Пермь	ННГУ	Совместные работы	Корытцева А.К. Орлова А.И.
	ИМСС УрО РАН ИТХ УрО РАН	Совместные работы Совместные работы	Райхер Ю.Л. Астафьева С.А. + 2 чел. Лысенко С.Н. + 2 чел.
Ростов-на-Дону	НИИФ ЮФУ	Совместные работы	Налбандян В.Б.
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.
Стерлитамак	СФ БашГУ	Совместные работы	Бикулова Н.Н. + 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.
Бая-Маре	TUCN-NUCBM	Совместные работы	Раколта Д. + 4 чел.
Бухарест	INCDIE ICPE-SA	Совместные работы	Банчиу К. Бара А. Вечю Г. Добрин И. Ион И. Китану Е. Кодеску М.М. Кырстеа К.Д. Ликсандру А. Лукач М. Манга Э.

		UB	Соглашение	Патрой Е.А.
			Совместные работы	Патруа Д.
			Совместные работы	Сетнеску Р.
				Барбинта-Патраску М.Э.
	Клуж-Напока	INCDTIM		Килом К. + 2 чел.
				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.
	Тулча	DDNI	Совместные работы	Ибрам О.
	Тырговиште	VUT	Совместные работы	Пехою Г.
				Радулеску К.
	Яссы	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.
		IULS	Совместные работы	Мирон Л.
				Савин А.
Сербия	Белград	INS «VINCA»	Совместные работы	Балванович Р. + 10 чел.
				Матович Б. + 2 чел.
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.
			Совместные работы	Юлдашев Б.С.
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	BC CAS	Совместные работы	Шафарик И.
		STU	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.

Проект:

3. Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2

ЛНФ

**Боднарчук В.И.
Приходько В.И.**

Реализация

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:

1. Ввод в эксплуатацию детектора ДОР на дифрактометре ФДВР на 5-м канале реактора ИБР-2 и получение первых физических результатов.
2. 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.
3. Разработка технической документации на оборудование систем управления комплекса криогенных замедлителей реактора ИБР-2; проведение пуско-наладочных работ систем управления коллекторного узла и трубопроводов охлаждения, а также криогенных замедлителей КЗ-201, КЗ-202, КЗ-203; комплектование и монтаж диспетчерской системы с сервером, объединяющей контроль и управление всем комплексом криогенных замедлителей; проведение пуско-наладочных работ диспетчерской системы.
4. Внедрение на спектрометрах ИБР-2 системы управления прерывателями нейтронов на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК).
5. Монтаж и ввод в эксплуатацию нового прерывателя на 8-м канале реактора ИБР-2.
6. Внедрение систем управления вакуумом на основе ПЛК.
7. Разработка и изготовление позиционно-чувствительных счетчиков нейтронов с резистивными анодами различного диаметра.
8. Создание тестового стенда для проверки характеристик позиционно-чувствительных детекторов (ПЧД).
9. Разработка системы накопления данных на основе многоканальных диджитайзеров.
10. Создание типового модуля ПЧД системы на основе трубок с резистивной нитью с диаметром катода 6 мм.
11. Создание и ввод в эксплуатацию новой детекторной системы спектрометра РЕМУР.
12. Модернизация детекторов прямого пучка на спектрометре ЮМО.
13. Разработка и ввод в эксплуатацию монитора интенсивности падающего пучка на спектрометре ЮМО.
14. Разработка архитектуры многоззорной плоскопараллельной резистивной камеры с конвертором ^{10}B , изготовление прототипа и исследование его характеристик.
15. Разработка многосчётчиковой системы для создаваемой на 2 канале ИБР-2 установки неупругого рассеяния.
16. Наладка, испытание и ввод в эксплуатацию детектора АСТРА-М на спектрометре ФСД.
17. Разработка технического проекта детектора обратного рассеяния ДОР-ФСД для спектрометра ФСД. Адаптация существующих в НЭОКС ЛНФ технологий изготовления сцинтилляционных детекторов для ДОР-ФСД, а также

разработка механических узлов, детекторной электроники и электроники сбора и накопления данных для этого детектора.

18. Разработка и изготовление для дифрактометра ФСС нового $\pm 90^\circ$ -детектора с пространственной и временной фокусировкой, аналогичного детектору АСТРА-М, вместе с детекторной электроникой и электроникой сбора и накопления данных.
19. 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.
20. 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.
21. Разработка нового криостата для охлаждения камер высокого давления на установке ДН-12.
22. Разработка и внедрение на спектрометрах ИБР-2 новой версии комплекса Sonix+ и сопутствующих систем, адаптированных для работы с форматом данных в виде списка событий.
23. Постоянная модернизация совместно с ЛИТ сегмента локальной сети ЛНФ.
24. Моделирование установок и их элементов для модернизации действующих спектрометров и проектирования новых.
25. Ввод в эксплуатацию автоматизированного хранилища контейнеров с облученными образцами и автоматизированной системы позиционирования образцов на облучательной установке.
26. Обеспечение бесперебойной работы систем и механизмов на всех спектрометрах реактора ИБР-2.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Изготовление запасных блоков системы сбора и накопления данных MPD32-USB3.
2. Настройка блоков усилителей фирмы CAEN в соответствии с требуемыми параметрами.
3. Изготовление комплекта (432 шт.) высоковольтных и измерительных кабелей.
4. Демонтаж детектора ДОР и монтаж детектора ДОР-А на 5-м канале.
5. Разработка технического проекта магнита.
6. Изготовление стойки криостата.
7. Разработка и тестирование системы управления и контроля замедлителя КЗ-201 в направлении пучков №№ 1,4,5,6,9.
8. Разработка конструкторской документации на новый механический прерыватель для 8-го канала реактора ИБР-2.
9. Установка и ввод в эксплуатацию детекторной системы «АСТРА-М» на дифрактометре ФСД. Разработка проекта детектирующего модуля и системы накопления данных для многодетекторной системы спектрометра ДН-12, испытание элементов системы накопления на нейтронном пучке. Разработка прототипа детектирующего модуля с аналоговой электроникой для модернизации детекторной системы спектрометра НЕРА-ПР. Развитие инфраструктуры для создания детекторов нейтронов.
10. Разработка технического проекта проточного криостата с циркуляцией гелия-4 с охлаждением криокулером замкнутого цикла для получения диапазона температур ниже 2К, выбор и приобретение оборудования и комплектующих изделий. Изготовление новых обмоток и сборка сверхпроводящего магнита для дифрактометра ДН-12.
11. Моделирование установки малоуглового рассеяния для будущего источника нейтронов.
12. Внедрение диджитайзеров фирмы CAEN в измерительные системы спектрометров ИБР-2 (ФСД, ФСС и ФДВР).
13. Сопровождение и развитие комплекса Sonix+ по запросам пользователей, адаптация Sonix+ для работы с DAQ- контроллерами на основе интерфейса USB-3. Подготовка новой версии комплекса, адаптированной для работы с форматом данных в виде списка событий.
14. Совершенствование концепции центрального хранилища данных с учетом полученного опыта его эксплуатации и практическая проверка возможных средств ее реализации.
15. Изучение радиационной стойкости материалов на установке для радиационных исследований.

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

Подпроекты:

3.1. Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР-А) для дифрактометра ФДВР ЛНФ

Милков В.М.

Реализация

Балагуров А.М., Курилкин А.К.

Краткая аннотация и научное обоснование по подпроекту:

В настоящее время детекторная система ФДВР состоит из трех детекторов, два из которых расположены при углах рассеяния $\pm 152^\circ$, 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 γ -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/см²/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)/⁶LiF 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:

1. 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:

1. Изготовление запасных блоков системы сбора и накопления данных MPD32-USB3.
2. Настройка блоков усилителей фирмы CAEN в соответствии с требуемыми параметрами.
3. Изготовление комплекта (432 шт.) высоковольтных и измерительных кабелей.
4. Демонтаж детектора ДОР и монтаж детектора ДОР-А на 5-м канале.

3.2. Векторный магнит для работы с поляризованными нейтронами ЛНФ

Черников А.Н.

Реализация

Боднарчук В.И., Жакетов В.Д.

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:

1. 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:

1. Разработка технического проекта магнита.
2. Изготовление стойки криостата.

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

Боднарчук В.И.

Реализация

Журавлев В.В., Кирилов А.С., Милков В.М., Приходько В.И., Садиков В.В., Черников А.Н.

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:

1. Разработка технической документации на оборудование систем управления комплекса криогенных замедлителей реактора ИБР-2; проведение пуско-наладочных работ систем управления коллекторного узла и трубопроводов охлаждения, а также криогенных замедлителей КЗ-201, КЗ-202, КЗ-203; комплектование и монтаж диспетчерской системы с сервером, объединяющей контроль и управление всем комплексом криогенных замедлителей; проведение пуско-наладочных работ диспетчерской системы.
2. Внедрение на спектрометрах ИБР-2 системы управления прерывателями нейтронов на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК).
3. Монтаж и ввод в эксплуатацию нового прерывателя на 8-м канале реактора ИБР-2.
4. Внедрение систем управления вакуумом на основе ПЛК.
5. Разработка и изготовление позиционно-чувствительных счетчиков нейтронов с резистивными анодами различного диаметра.
6. Создание тестового стенда для проверки характеристик позиционно-чувствительных детекторов (ПЧД).
7. Разработка системы накопления данных на основе многоканальных диджитайзеров.
8. Создание типового модуля ПЧД системы на основе трубок с резистивной нитью с диаметром катода 6 мм.
9. Создание и ввод в эксплуатацию новой детекторной системы спектрометра РЕМУР.
10. Модернизация детекторов прямого пучка на спектрометре ЮМО.
11. Разработка и ввод в эксплуатацию монитора интенсивности падающего пучка на спектрометре ЮМО.
12. Разработка архитектуры многоззорной плоскопараллельной резистивной камеры с конвертором ^{10}B , изготовление прототипа и исследование его характеристик.
13. Разработка многосчётчиковой системы для создаваемой на 2 канале ИБР-2 установки неупругого рассеяния.
14. Наладка, испытание и ввод в эксплуатацию детектора АСТРА-М на спектрометре ФСД.
15. Разработка технического проекта детектора обратного рассеяния ДОР-ФСД для спектрометра ФСД. Адаптация существующих в НЭОКС ЛНФ технологий изготовления сцинтилляционных детекторов для ДОР-ФСД, а также разработка механических узлов, детекторной электроники и электроники сбора и накопления данных для этого детектора.
16. Разработка и изготовление для дифрактометра ФСС нового $\pm 90^\circ$ -детектора с пространственной и временной фокусировкой, аналогичного детектору АСТРА-М, вместе с детекторной электроникой и электроникой сбора и накопления данных.

17. 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.
18. 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.
19. Разработка нового криостата для охлаждения камер высокого давления на установке ДН-12.
20. Разработка и внедрение на спектрометрах ИБР-2 новой версии комплекса Sonix+ и сопутствующих систем, адаптированных для работы с форматом данных в виде списка событий.
21. Постоянная модернизация совместно с ЛИТ сегмента локальной сети ЛНФ.
22. Моделирование установок и их элементов для модернизации действующих спектрометров и проектирования новых.
23. Ввод в эксплуатацию автоматизированного хранилища контейнеров с облученными образцами и автоматизированной системы позиционирования образцов на облучательной установке.
24. Обеспечение бесперебойной работы систем и механизмов на всех спектрометрах реактора ИБР-2.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:

1. Разработка и тестирование системы управления и контроля замедлителя КЗ-201 в направлении пучков №№ 1, 4, 5, 6, 9.
2. Разработка конструкторской документации на новый механический прерыватель для 8-го канала реактора ИБР-2.
3. Установка и ввод в эксплуатацию детекторной системы «АСТРА-М» на дифрактометре ФСД. Разработка проекта детектирующего модуля и системы накопления данных для многодетекторной системы спектрометра ДН-12, испытание элементов системы накопления на нейтронном пучке. Разработка прототипа детектирующего модуля с аналоговой электроникой для модернизации детекторной системы спектрометра НЕРА-ПР. Развитие инфраструктуры для создания детекторов нейтронов.
4. Разработка технического проекта проточного криостата с циркуляцией гелия-4 с охлаждением криокулером замкнутого цикла для получения диапазона температур ниже 2К, выбор и приобретение оборудования и комплектующих изделий. Изготовление новых обмоток и сборка сверхпроводящего магнита для дифрактометра ДН-12.
5. Моделирование установки малоуглового рассеяния для будущего источника нейтронов.
6. Внедрение диджитайзеров фирмы CAEN в измерительные системы спектрометров ИБР-2 (ФСД, ФСС и ФДВР).
7. Сопровождение и развитие комплекса Sonix+ по запросам пользователей, адаптация Sonix+ для работы с DAQ- контроллерами на основе интерфейса USB-3. Подготовка новой версии комплекса, адаптированной для работы с форматом данных в виде списка событий.
8. Совершенствование концепции центрального хранилища данных с учетом полученного опыта его эксплуатации и практическая проверка возможных средств ее реализации.
9. Изучение радиационной стойкости материалов на установке для радиационных исследований.
10. 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 и совместные работы	Кутень С.А. + 2 чел.
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Совместные работы	Рошта Л. + 2 чел.
Россия	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Алтынбаев Е.В. Булкин А.П. + 2 чел. Григорьев С.В.
	Дубна	Гос. ун-т «Дубна»	Соглашение	Немченко И.Б. + 2 чел.
	Екатеринбург	ИФМ УрО РАН	Совместные работы	Кравцов Е.А. + 2 чел.
	Москва	НИЦ КИ	Совместные работы	Борисова П.А. + 2 чел.

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

Проект:

4. Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ

ЛНФ

Лычагин Е.В.

Швецов В.Н.

Булавин М.В.

см. участников подпроекта

Реализация

Краткая аннотация и научное обоснование:

В 2020-2023 гг. в рамках завершаемой темы «Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов – импульсного быстрого реактора НЕПТУН в ОИЯИ» получены важные результаты, имеющие ключевое значение для успешного продолжения работ по созданию в ОИЯИ нового высокопоточного источника нейтронов. По результатам совместной научно-исследовательской работы ОИЯИ и АО НИКИЭТ (ГК «Росатом»), которая заключалась в анализе вариантов исполнения высокопоточного импульсного источника нейтронов периодического действия, для дальнейшей проработки была выбрана концепция импульсного быстрого реактора НЕПТУН с топливом на основе нитрида нептуния. Разработка концепции нового реактора НЕПТУН была включена в Семилетний план развития ОИЯИ на 2017–2023 годы.

К основным этапам разработки концепции нового реактора НЕПТУН относятся: разработка предварительной научной программы и определение состава комплекса научных инструментов для проведения нейтронных исследований, разработка технических заданий для эскизного и инфраструктурного проектов, обоснование конструкции нового источника нейтронов, а также реализация программы научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы, 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 непрерывной перегрузки рабочего материала и т.п.).

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

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Разработка научной программы и концепции приборной базы для проведения научных и прикладных исследований на новом импульсном реакторе НЕПТУН.
2. Построение модели динамики импульсных быстрых реакторов.
3. Разработка нитрид-нептуниевого топлива и твэлов на его основе.
4. Оптимизация корпуса и модулятора реактивности реактора НЕПТУН.
5. Нейтронно-физические расчеты для выбора оптимальных материалов для использования в качестве криогенных замедлителей на новом реакторе НЕПТУН.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Подготовка материалов для разработки научной программы и концепции приборной базы реактора НЕПТУН.
2. Подготовка к проведению экспериментов в соответствии с программой работ ОИЯИ – РФЯЦ-ВНИИТФ по созданию и верификации математической модели динамики пульсирующего реактора НЕПТУН.
3. Получение первой партии оксида нептуния для отработки технологии изготовления топлива для экспериментальных твэлов и проведения дореакторных исследований топливных композиций в рамках договора по разработке нитрид-нептуниевого топлива и твэлов на его основе между ОИЯИ и АО «ВНИИИМ».

4. Подготовка материалов для технического задания на эскизный проект по результатам оптимизации корпуса реактора и его модулятора реактивности.
5. Анализ эффективности использования водородосодержащих материалов (метан, трифенилметан, жидкий водород, дейтерий и т.д.) в качестве криогенного замедлителя на новом реакторе НЕПТУН (ИБР-3) и их сравнение с мезитиленом. Разработка РКД на камеру-имитатор криогенного замедлителя на основе мезитилена с системой быстрой загрузки и выгрузки рабочего материала.

Подпроект:

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., Балагуров А.М., Боднарчук В.И., Бокучава Г.Д., Булатов К.В., Верхоглядов А.Е., Галушко А.В., Горемычкин Е.А., Гроздов Д.С., Дорофеев П.А., Ермолаев В.В., Зиньковская И., Кичанов С.Е., Козленко Д.П., Копач Ю.Н., Куклин А.И., Кучерка Н., Кушнир И.В., Перепелкин Е.Е., Подлесный М.М., Рзянин М.В., Федорова Т.Ю., Франк А.И., Хассан А.А., Храмо 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-нептуниевое 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:

1. Научная программа и концепция приборной базы для проведения исследований по физике конденсированных сред, ядерной физике и прикладных исследований на новом импульсном реакторе НЕПТУН.
2. Рабочий вариант модели динамического изгиба и оценка влияния таблеточной структуры твэла (по сравнению со стержневой) на реактивность динамического изгиба в начале кампании реактора НЕПТУН и ее верификация в «РФЯЦ-ВНИИТФ». Техническое задание на проведение эксперимента по проверке формы изгиба макета твэла при быстром нагреве в нейтронном потоке импульсного реактора. Постановка эксперимента на импульсных нейтронных источниках РФЯЦ – ВНИИТФ.

3. Получение разрешения на использование ядерных материалов, находящихся исключительно в федеральной собственности (ЯМ ИФС). Получение первой партии оксида нептуния для отработки технологии изготовления топлива для экспериментальных твэлов и проведения дореакторных исследований топливных композиций. Проектирование и изготовление пробной партии экспериментальных твэлов на основе нитрида нептуния.
4. Разработка двух вариантов конструкции корпуса реактора, обладающих наименьшими тепловой нагруженностью и температурными деформациями, для вариантов с потвальной упаковкой активной зоны и чехловыми ТВС. Разработка двух вариантов (с кожухом и без кожуха) конструкции модулятора реактивности, работоспособного во всех заданных условиях. Возможна разработка технически обоснованного альтернативного варианта конструкции модулятора и корпуса реактора. Перечень НИР, необходимых для обоснования конструкции модулятора реактивности, его составных частей и корпуса реактора. РКД на полномасштабный стенд (макет) модулятора реактивности. Начало изготовления некоторых элементов стенда (макета) модулятора реактивности по разработанной РКД. Технические задания для разработки эскизного и инфраструктурного (обликового) проектов.
5. Проведение нейтронно-физических расчетов для выбора оптимальных материалов для использования в качестве криогенного замедлителя на новом реакторе НЕПТУН. Разработка РКД на полномасштабный испытательный стенд криогенного замедлителя на основе мезитилена с системой быстрой загрузки и выгрузки рабочего материала.

Ожидаемые результаты по подпроекту в текущем году:

1. Получение первой партии оксида нептуния для отработки технологии изготовления топлива для экспериментальных твэлов и проведения дореакторных исследований топливных композиций в рамках договора по разработке нитрид-нептуниевого топлива и твэлов на его основе между ОИЯИ и АО «ВНИИНМ».
2. Подготовка к проведению экспериментов в соответствии с программой работ ОИЯИ – РФЯЦ-ВНИИТФ по созданию и верификации математической модели динамики пульсирующего реактора НЕПТУН. Подготовка к проведению экспериментов по виброакустическим, термомеханическим, гидродинамическим измерениям параметров модели динамики реактора НЕПТУН на базе экспериментальных установок ОИЯИ.
3. Отчет АО «НИКИЭТ» о результатах НИОКР по оптимизации модулятора реактивности и корпуса реактора НЕПТУН. Разработка РКД на испытательный стенд (макет) модулятора реактивности.
4. Анализ эффективности использования водородосодержащих материалов (метан, трифенилметан, жидкий водород, дейтерий и т. д.) в качестве криогенного замедлителя на новом реакторе НЕПТУН (ИБР-3) и их сравнение с мезитилоном. Разработка РКД на камеру-имитатор криогенного замедлителя на основе мезитилена с системой быстрой загрузки и выгрузки рабочего материала.
5. Предварительная научная программа и концепция приборной базы для проведения исследований по физике конденсированных сред, ядерной физике и прикладных исследований на новом импульсном реакторе НЕПТУН.

Сотрудничество:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Аргентина	Барилоче	СAB	Совместные работы	Гранада Р.
Беларусь	Минск	БГТУ	Совместные работы и обмен визитами	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	INCIE ICPE-SA	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)**

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.

Исследуемая 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 адронном 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 (Подразделение)	Ответственные от лаборатории
1. Квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели	Казаков Д.И. Бедняков А.В.
ЛТФ	Баушев А.Н., Безуглов М.А., Борлаков А.Т., Владимиров А.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., Яхиббаев Р.М., + 3 студента
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 нерелятивистской КХД с помощью метода эффективных масс и проверка полноты базиса эллиптических полилогарифмов.

Разработка нового специализированного компьютерного пакета для эpsilon-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 В-анти В 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 АВМ 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 Хиггса, 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 благоприятном 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:

Разработка оптимизированного компьютерного пакета для разложения обобщенных гипергеометрических функций одной и нескольких переменных, индексы которых зависят от параметра регуляризации, в терминах либо обобщенных полилогарифмов, либо повторных интегралов с алгебраическими ядрами.

Разработка компьютерного кода для численного вычисления обобщенных гипергеометрических функций и феймановских интегралов, заданных системой дифференциальных уравнений с любой наперед заданной точностью; для случая функций многих переменных реализовать ускорение отдельных процедур с применением методов модулярной арифметики.

Всесторонний анализ вкладов в аномальный магнитный момент мюона, обусловленных учетом кварковых порогов в адронной поляризации вакуума.

Многочетевой анализ возможности реализации сценария асимптотической безопасности в рамках квантовополевой модели с калибровочными, юкавскими и скалярными взаимодействиями.

Анализ связей между интегрируемыми конформными квантовополевыми теориями в различных размерностях пространства-времени, а также дуальными им моделями.

Расчет многоточечных корреляционных функций в фишнет-моделях в пределе больших спинов.

Расчет двухпетлевых поправок к 3-х частичному форм-фактору оператора энергии-импульса для $N=4$ теории супер Янг-Миллса на кулоновской ветви.

Разработка метода систематического решения уравнений квантовой спектральной кривой для теорий $N=4$ SYM и АВJM при больших значениях спина Лоренца операторов твиста 1 и 2 в пределе слабой константы связи.

Расчет аномальных размерностей операторов, обладающих большими квантовыми числами, в Стандартной модели непertурбативными методами; сравнение с пертурбативными вычислениями.

Расчет различных наблюдаемых для редких распадов с участием лептонов, оценка возможности обнаружения Новой физики.

Анализ рождения бозона Хиггса в событиях на БАК с большой потерянной энергией в рамках двухдублетного расширения СМ с дополнительным скрытым скалярным сектором.

Анализ проблемы возникновения массивных галактик и сверхмассивных черных дыр в центрах галактик в ранней Вселенной.

Аналитический вывод соотношения, связывающего наблюдательные свойства гигантских областей Вселенной, выглядящих практически пустыми (войдов) с плотностью материи в центре войда и начальными параметрами первичного возмущения, из которого он возник.

Анализ стабильности бозонных звезд, оценка времени их жизни.

Расчет параметров «медленного скатывания» в рамках различных моделей инфляции с учетом динамических эффектов, связанных с использованием обобщенных посредством ренормгруппы квантовых эффективных потенциалов; изучение феноменологических следствий учета квантовых эффектов.

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., Нгуен Хоанг Ву, 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 отсутствие полного теоретического понимания конфайнмента цвета единственным методом применения КХД является факторизация пертурбативной и непertурбативной динамики. Традиционный систематический способ описания непertурбативной 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 непertурбативных 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 $\alpha_s^2(\alpha_s\beta_0)^{n-1}$ и $\alpha_s^3\beta_1(\alpha_s\beta_0)^{n-2}$ 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 ($Q \sim 1$ ГэВ) и умеренных передач.

Пересчет амплитуд распределения лидирующих твистов (AP) для (псевдо)скалярных и продольно/поперечно поляризованных векторных мезонов в правилах сумм КХД с учетом радиационных поправок в порядках $O(\alpha_s^2)$ 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 функций процесса Дрелла-Яна в рамках пертурбативной КХД в порядке α_s^2 по константе связи. Проверка тождеств Лама-Тунга в α_s^2 порядке по константе связи.

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

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

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

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

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

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

Исследование фазовых диаграмм SU(2) хиггсовского сектора электрослабой теории. Изучение Z(N) симметричных 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:

Вычисление четырёхчастичных распадов тау-лептона в мезонные состояния в рамках модели Намбу–Иона-Лазинио с целью проверки модели на новых классах процессов.

Исследование низкоэнергетического взаимодействия мезонов с использованием феноменологических моделей для улучшения понимания пертурбативной области КХД.

Изучение интегрального представления гипергеометрических функций типа Горна.

Изучение лепторождения тяжелых мезонов в рамках обобщенных партонных распределений.

Исследование 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 используя ренормализационную группу в КХД.

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

Практическое изучение оптимизации применительно к обновлённому вычислению R-отношения, ширине tau-распада, правилам сумм ГНР.

Исследование главной асимптотики при малых Бьёркеновских x ядер ДГЛАП, $P(x)$, и ЕРБЛ, $V(x,y)$, в произвольном числе петель n КХД.

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

Определение оценок 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. Анализ проявления аксионов темной материи в спиновых эффектах.

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

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

Исследование T-нечетных структурных адронных функции для процесса Дрелла-Яна с учетом поляризации кварка.

3. Феноменология сильных взаимодействий и прецизионная физика

ЛТФ

**Коробов В.И.
Иванов М.А.**

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

Краткая аннотация и научное обоснование:

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

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

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Вычисление энергий переходов в атоме антипротонного гелия (p^- -He⁺) с учетом поправок в порядках $m\alpha^7$ - $m\alpha^8$ в рамках адиабатического подхода для сравнения с результатами эксперимента ASACUSA в ЦЕРНе. Ожидаемая относительная точность $\sim 10^{-11}$.

Вычисление параметров тонкой и сверхтонкой структуры в связанных состояниях молекулярных ионов водорода H₂⁺ и HD⁺ с учетом всех вкладов до порядка $m\alpha^7 \ln(\alpha)$ включительно, что дает относительную точность частоты (энергии) ро-вибрационных переходов $\sim 10^{-12}$, сравнимую с точностью определения константы Ридберга из 1S-2S спектроскопии атома водорода.

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

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 электромагнитных распадов векторных D-мезонов с открытым чармом.

4. Теория адронной материи при экстремальных условиях

ЛТФ

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

Бордаг М., Бхаттачария Т., Воронин В.Э., Воскресенский Д.Н., Иванов Ю.Б., Монтенегро Д., 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 $eB \sim 1 \text{ ГэВ}^2$ и релятивистское вращение с угловой скоростью $\sim 10 \text{ МэВ}$. 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:

Уравнение состояния, рассчитанное в рамках релятивистской модели среднего поля, и движение частиц под действием соответствующих средне-полевых потенциалов будут включены в модель PHSD. Будет исследовано влияние этих потенциалов на поток частиц и спиновую поляризацию.

Новые экспериментальные данные и, в частности, направленный поток, полученный коллаборацией STAR для столкновений ионов золота при энергии центра масс 3 ГэВ, будут проанализированы в рамках гидродинамического подхода.

Будут изучены сверхтекучесть и сверхпроводимость векторных бозонов во вращающемся куске ядерной материи и сильном магнитном поле.

Будут изучены свойства мягких мод мезонов в равновесных и неравновесных ядерных системах.

Рассеяние очарованных мезонов на пионах будет проанализировано в рамках эффективной киральной теории поля. Будет разработан метод расчета треугольных и квадратных диаграмм с сохранением кирального счета. Полученные амплитуды будут сопоставлены с результатами КХД на решетке.

Планируется провести изучение различных вопросов, связанных с влиянием вращения на свойства глюодинамики и КХД. В частности, планируется изучить уравнение состояния вращающейся КХД, влияние вращения на фазовые переходы конфайнмент/деконфайнмент и нарушение/восстановление киральной симметрии, влияние вращения на потенциал взаимодействия статических кварков, неоднородные фазы вращающейся кварковой материи и др.

Планируется изучить одновременное влияние магнитного поля и барионной плотности на уравнение состояния КХД. При этом, решеточные вычисления будут проведены с физическими массами динамических u -, d -, s -кварков.

5. Теория электрослабых взаимодействий и физика нейтрино

ЛТФ

ЛЯП

Арбузов А.Б.
Наумов В.А.

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

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:

Изучение нового механизма рождения космических лучей высоких энергий за счет аннигиляции и распада сверхтяжелых частиц темной материи в форме тяжелых лептонов. Возникающие в этих процессах высокоэнергичные нейтрино потенциально могут регистрироваться на нейтринных телескопах Baikal-GVD и IceCube.

Анализ космологических ограничений на свойства стерильного нейтрино при большом угле смешивания с активными нейтрино, в частности эффекты возможного резонанса.

В рамках эксперимента TAIGA будет продолжена работа по поиску совместных событий с нейтрино сверхвысоких энергий, регистрируемых на установках Baikal-GVD и IceCube.

Разработка двухпетлевой реализации обратного качельного механизма («seesaw») с остаточной дискретной симметрией для стабилизации темной материи.

Построение расширения лево-право-симметричной модели с универсальным seesaw механизмом и дополнительным петлевым подавлением, благодаря чему юкавские константы связи новых частиц с обычными могут принимать большие значения, что делает потенциально возможным их экспериментальное наблюдение.

Разработка расширения Стандартной Модели с аксионоподобной частицей, дающей вклад в массу нейтрино и в темную материю.

На основе глобального статистического анализа данных по рассеянию электронов на ядрах (от дейтерия до урана) будет усовершенствована суперскейлинговая модель взаимодействия лептонов с ядрами SuSAM* с модифицированной скейлинговой функцией. Модернизированная модель будет протестирована на современных данных по квазиупругому рассеянию (анти)нейтрино на ядрах. Планируется имплементация модели в монтекарловский нейтринный генератор GENIE.

Применение метода партонных распределений в КЭД к описанию процессов электрон-позитронной аннигиляции, распада мюона и электрон-мюонного рассеяния в условиях современных и будущих экспериментов. Учет с его помощью радиационных поправок высших порядков в следующем за ведущим логарифмическом приближении.

Анализ полулептонных многочастичных мод распада тау-лептонов с учетом возбужденных состояний мезонов в промежуточных состояниях. Построение согласованной схемы описания таких распадов в рамках модели Намбу-Иона-Лазинио.

Анализ кванто-полевых эффектов в скалярно-тензорных моделях модифицированной гравитации, включая генерацию космологической инфляции за счет эффективных потенциалов и исследование нестабильностей в решениях для скалярного поля.

Описание процессов электрон-позитронной аннигиляции в D-мезоны через промежуточные состояния возбужденных чармониев для экспериментов на ускорителе BESIII и будущей Супер чарм-тау фабрике.

Сотрудничество по теме:

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

		ГТУ	Совместные работы и обмен визитами	Максименко Н.В. + 1 чел.
	Минск	ИФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Андреев В.В. + 2 чел. Курочкин Ю.А.
		НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Редьков В.М. + 3 чел. Ильичев А.Н.
		ОИЭЯИ-Сосны НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	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	Хошимин	VNUHCM	Совместные работы	Тран Ц.Т.
Германия	Гамбург	Ун-т	Совместные работы	Веретин О.Л. Книль В. Мок С. Шиллер С.
	Дюссельдорф	HNU	Совместные работы	Пикельнер А.Ф.
	Карлсруэ	KIT	Совместные работы	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	УоС	Совместные работы	Коусвос С.
Индия	Калькутта	IACS	Совместные работы	Рой Суров
	Эттимадаи	Amrita	Совместные работы	Шриикант В. Джйоти Лакшми ОП Лакшми Дж. Наик
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	Хенриксон 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.
	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	НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Платонова М.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Кирпичников Д.

	Новосибирск	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.
Сербия	Черноголовка Белград	ИТФ РАН АОБ INS «VINCA»	Обмен визитами Совместные работы Совместные работы	Николаев Н.Н. + 3 чел. Йованович П. Борка В. Борка Д. Йованович З.
Словакия	Братислава	CU IP SAS	Совместные работы Совместные работы	Дубничкова А.З. Дубничка С. + 5 чел. Липтай А.
США	Уэйко	BU	Совместные работы	Ворд Б.Ф.Л.
Финляндия	Хельсинки	HIP	Совместные работы	Уигу К.
Франция	Париж	ENS UPMC	Совместные работы Совместные работы	Карр Ж.Ф. Тебер С.
Хорватия	Сакле Загреб	IRFU RBI	Совместные работы Совместные работы	Томази-Густаффон Э. Антипин О. Панополоус П.
Чили	Арика Сантьяго	UTA UNAB	Совместные работы Совместные работы	Аяла Ц. Кулешов С.

Теория ядерных систем

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

Участвующие страны и международные организации:

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, Украина, 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	Воронов В.В. Джиоев А.А.	01-3-1136-1-2024/2028
2. Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем	Ершов С.Н. Антоненко Н.В.	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 (Подразделение)	Ответственные от лаборатории
1. Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики	Воронов В.В. Джиоев А.А.
ЛТФ	Арсеньев Н.Н., Бальбуцев ЕБ., Борзов И.Н., Вдовин А.И., Вишневыский 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 рамки 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 распаднечные характеристики ядер на границе стабильности.

Разработанные самосогласованные методы ФПЭ будут применяться к изучению бета-распада в контексте астрофизического g -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:

Исследование низкоэнергетических состояний в изотопах No в рамках самосогласованного приближения хаотических фаз с силами Скирма.

Теоретический анализ E1 и M1 возбуждений в деформированном ядре ^{156}Gd .

Функционал Фаянса: учет релятивистских поправок в уравнениях состояния симметричной ядерной и чисто нейтронной материи.

Расчеты магнитных моментов основных и изомерных состояний в длинных изотопических цепочках.

Уточнение условий возникновения парных корреляций сверхпроводящего типа в сферических чётно-нечётных атомных ядрах.

Изучение взаимосвязи между двойным гамма распадом квадрупольных состояний и тонкой структуры гигантского дипольного резонанса.

Анализ электрических и магнитных дипольных переходов в средних и тяжелых атомных ядрах.

Изучение ротационной и безвихровой квадрупольной динамики в слабо деформированных ядрах в рамках микроскопической оболочечной версии модели Бора-Моттельсона.

Изучение ножничной моды в четно-нечётных сверхтяжелых ядрах в рамках метода моментов функции Вигнера.

Расчёт вклада запрещенных переходов в EC/β^+ распад нечетно-нечётных ядер в цепочке α -распада ^{288}Mc .

2. Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем

ЛТФ

ЛИТ

Ершов С.Н.
Антоненко Н.В.

Адамян Г.Г., Алпомишев Э.Х., Андреев А.В., Безбах А.Н.,
Джолос Р.В., Каландаров Ш.А., Картавенко В.Г.,
Мардыбан Е.В., Назмитдинов Р.Г., Насиров А.К.,
Пашка Х., Рахматинежад А., Рогов И.С., Саргсян В.В.,
Уразбеков Б., Шнейдман Т.М., Шульгина Н.Б.

Буша Я., Никонов Э.Г.

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 поновому взглянуть на особенности структуры ядер в возбужденных состояниях. Планируется дальнейшее развитие полностью квантовой модели распада слабосвязанных ядер. Микроскопические транспортные коэффициенты и ядро-ядерный потенциал будут использованы в модели двойной ядерной системы для описания динамики слияния ядер.

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

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

Изучение образования сверхтяжелых соединений с $Z=119$ и 120 в реакциях слияния должно быть продолжено на основе микроскопического рассмотрения. Будут также рассмотрены особенности квазиделения, конкурирующего с полным слиянием. Рассчитанные распределения по массе и ТКЕ 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:

Применение коллективного гамилтониана, включающего изовекторные парные и альфа-частичные корреляции, к описанию энергий основных состояний четно-четных и нечетно-нечетных ядер в области ^{56}Ni .

Исследование структуры сверхтяжелых ядер, входящих в цепочку альфа-распада ^{288}Mc .

Описание низколежащих спектров тяжелых ядер с помощью коллективного уравнения, полученного в рамках метода генерирующей координаты, и потенциалов, рассчитанными в приближении среднего поля.

Расчет характеристик ядер, необходимых для анализа реакций по нуклонным передачам, направленных на синтез новых изотопов. Исследование возможности синтеза нейтронодефицитных изотопов актинидов.

Применение модели ДЯС для описания реакций слияния-деления и квазиделения ведущих к образованию ядер актинидов.

Решение мастер уравнений, которые описывают деление высоковозбужденных сильноповорачивающихся тяжелых составных ядер.

Описание изменений в периодах полураспада изомеров формы, обусловленных возбужденными состояниями кластеров.

Описание массовых распределений и скорости тройного деления в ядрах вблизи $Z=100$ с учетом октупольной деформации фрагментов в точке разрыва.

Расчет тонкой структуры альфа-распада для различных изотопов ядер Ra, Th, U и Pu и установление роли зависимости спектроскопических факторов от углового момента.

Расчет в рамках модели ДЯС спектров коллективных возбуждений делящихся ядер в точке разрыва и анализ угловой анизотропии фрагментов деления нейтронами различных изотопов U и Pu.

Исследование структуры тяжелого водорода ^7H в реакции $^8\text{He}(p,2p)$ с учетом особенностей механизма реакции и структуры ядра ^8He .

Изучение свойств гигантского монополюсного и квадрупольного резонансов в рамках подхода метода случайных матриц.

Изучение влияния спин-орбитального взаимодействия на транспортные свойства наносистем.

Исследование влияния аксиальной асимметрии на плотность состояний и энтропию при делении сверхтяжелых ядер, например ^{296}Lv , в рамках статистических подходов.

Расчет множественности нейтронов, массовых и энергетических распределений фрагментов спонтанного деления трансфермиевых ядер с учетом эволюции двойной ядерной системы в точке разрыва.

Вычисление выхода фотоядерных реакций $^{209}\text{Bi}(\gamma, xn)$ и анализ роли предравновесной эмиссии нейтронов.

Оценка вкладов дифференциальных сечений в образование продуктов реакций глубоконеупругих столкновений, неполного слияния и квазиделения в реакциях $^{36}\text{Ar}+^{144}\text{Sm}$, $^{68}\text{Zn}+^{112}\text{Sn}$ и $^{90}\text{Zr}+^{90}\text{Zr}$.

Исследование зависимости поверхности потенциальной энергии от энергии возбуждения для тяжелых ядер.

Изучение роли различных каналов испарения в реакциях синтеза с мишенями Pb и Bi.

3. Квантовые системы нескольких частиц

Мотовилов А.К.

Мележик В.С.

ЛТФ

Валиолда Д., Виноцкий С.И., Джансейтов Д., Егоров М.В., Коваль Е.А., Колганова Е.А., Кондратьев В.Н., Малых А.В., Попов Ю.В., Пупышев В.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 конститюентов ядерной, субъядерной или атомно-молекулярной природы. Малость числа конститюентов 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 атомно-атомных столкновениях.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Исследование кластерных особенностей легких слабосвязанных ядер при разных энергиях столкновений.

Исследование связанных состояний и процессов рассеяния в двух- и трехатомных системах, образованных атомами инертных газов.

Разработка метода исследования ориентации молекул посредством двухцветных лазерных импульсов специальной формы.

Исследование многокомпонентных систем нескольких частиц в пределе низких энергий.

Исследование ускорения и ионизации нейтральных атомов с помощью электромагнитных импульсов.

Обобщение априорной $\tan \Theta$ -теоремы для спектрального подпространства самосопряженного гамильтониана на унитарно-инвариантные нормы.

Исследование влияния характеристик сталкивающихся пучков фотонов и релятивистских электронов на величину дифференциального и полного сечений обратного комптоновского рассеяния.

Исследование слабосвязанных состояний квантовой частицы, движущейся в двумерном пространстве.

Разработка метода вычисления экстремально узких резонансов в бинарных столкновениях квантовых систем.

Исследование каналированных состояний в тонких плёнках.

Исследование реакции кулоновского и ядерного развала гало-ядер на легкой мишени в нестационарном подходе.

4. Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы

ЛТФ

Бондаренко С.Г.

Ларионов А.Б.

Базнат М., Доркин С.М., 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/четырёхнуклонные связанные ($^3\text{He}, T, ^4\text{He}$) 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 ($^3\text{He}, T$) систем в формализме уравнения Бете-Солпитера-Фаддеева с сепарабельным ядром взаимодействия на четырехнуклонные системы в формализме Якубовского (расчет энергии связи ^4He , электромагнитного формфактора системы). Исследование упругого протон-дейтронного рассеяния назад с использованием 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 ковариантного сепарабельного кварк-кваркового 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 скорости 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 адронной 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 поляризационных наблюдаемых в нелинейном комптоновском рассеянии при взаимодействии ультррелятивистских электронов с поляризованными интенсивными лазерными импульсами. Расчеты, связанные с развитием крупных лазерных центров в странах-членах ОИЯИ.

Построение релятивистского подхода для изучения четырехчастичных систем при высоких энергиях на основе уравнений Бете-Солпитера и Фаддеева-Якубовского и его применение для исследования ядра ${}^4\text{He}$, в частности нахождения его энергии связи и амплитуд состояний.

Изучение зависимости от свойств среды сечений поглощения и рождения Y -мезонов в ВВ-столкновениях в рамках ковариантной кварковой модели с $SU(5)$ Лагранжианом с учетом аномальных взаимодействий.

Расчет ядерной прозрачности в жестком процессе $d(d,2p)nn$ на основе обобщенного эйконального приближения с учетом эффектов цветовой прозрачности.

Анализ данных протон-ядерного рассеяния при энергиях 100-1000 МэВ с целью выявить элементарную амплитуду рассеяния протона на связанном нуклоне ядра.

Формулировка локально равновесной статистической модели с потоками для релятивистских адронов в статистике Больцмана-Гиббса и Цаллиса для описания распределений адронов по поперечному импульсу, образованных в столкновениях протон-протонов и тяжёлых ионов при высоких энергиях.

Исследование возможных фазовых переходов из связанного состояния глюбола в свободную глюонную плазму.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	ЕГУ РАУ	Совместные работы Совместные работы	Балбекян А. + 1 чел. Казарян Э.М. Саркисян А.А. + 1 чел.

Беларусь	Гомель	ГГТУ	Совместные работы	Черниченко Ю.Д. + 1 чел. Лашкевич В.И. + 2 чел.
Бельгия	Минск	ИФ НАНБ	Совместные работы	Левчук М.И. + 1 чел.
	Брюссель	ULB	Совместные работы	Байе Д. Спаренберг Ж.-М.
Болгария	Лувен-ля-Нев	UCL	Совместные работы	Пиро Б.
	София	INRNE BAS	Совместные работы	Антонов А.А. Гайдаров М.К. Кадрев Д. Минков Н. Стоянов Ч. + 1 чел.
Бразилия	Нитерой	NBU	Совместные работы	Мишев С.
	Сан-Жозе-дус-Кампус	UFF ITA	Совместные работы Совместные работы	Любян Е. Фредерико Т.
	Сан-Паулу	UEP	Совместные работы	Томио Л.
Великобритания	Флорианополис	UFSC	Совместные работы	Союза Круз Ф.
	Гилфорд	Ун-т	Совместные работы	Диаз-Горрес А. + 1 чел.
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Совместные работы	Зек Й.
Германия	Дебрецен	Atomki	Совместные работы	Че Й.
	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. Шайд В.
	Дармштадт	GSI	Соглашение	Ланганке К.-Х. Маргинес Пинедо Г. Хайнц С.
		TU Darmstadt	Соглашение	Нойман-Козел П. Пиетралла Н.
	Дрезден	HZDR TU Dresden	Соглашение Соглашение	Грайфенхаген Р. Кэмпфер Б. + 1 чел.
	Зиген	Ун-т	Соглашение	Брандт С. Дамен Х. Штро Т.
Греция	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.
	Афины	INP NCSR «Demokritos»	Совместные работы	Бонатсос Д. + 2 чел.
Египет	Гиза	CU	Совместные работы	Абдулмагеад И. Сейф В.
Индия	Касарагод	CUK	Совместные работы	Лавеев П.В. Прасад Е. Шамлат А. Шарееф М.

Иран Испания	Нью-Дели	IUAC	Совместные работы	Мадхаван Н.
	Чандигарх	PU	Совместные работы	Токур М.
	Зенджан	IASBS	Совместные работы	Саедиан Ш.
	Пальма	UIB	Совместные работы	Пуенте А. Пуйол-Надал Р. Серра Л.
Италия	Катания	INFN LNS	Совместные работы	Спиталери С. Черубини С.
Казахстан	Мессина	UniMe	Совместные работы	Джиордина Дж. + 2 чел.
	Неаполь	INFN	Совместные работы	Гаргано А.
	Турин	UniTo	Совместные работы	Де Паче А.
	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Красовицкий П.М. Пеньков Ф.М.
Китай	Ланьчжоу	КазНУ	Совместные работы	Жаугашева С.А.
		IMP CAS	Совместные работы	Ган Ц. Цуо В.
	Пекин	CIAE	Совместные работы	Вэн П. Жиа Х.М. Лин Ц.Ж. Чжанг Х.К.
Литва Мексика Норвегия	Каунас Мехико Берген Осло	ITP CAS	Совместные работы	Шангуй Чжоу
		PKU	Совместные работы	Жи Менг + 1 чел.
		VMU	Совместные работы	Девейкис А.
		UNAM	Совместные работы	Хесс П.О.
Польша	Варшава Краков	UIB	Совместные работы	Вааген Я.
		UiO	Обмен визитами	Бергхольт А. Рекстад Дж. Идзиашек З.
Республика Корея	Люблин Отвоцк (Сверк) Сеул Тэгу Тэджон	UW	Совместные работы	Адамчак А. Беднарчик П. Гоздз А.
		INP PAS	Совместные работы	Коваль М. + 2 чел.
		UMCS	Совместные работы	О И.С.
		NCBJ	Совместные работы	Ох И.
		SNU	Обмен визитами	Ким К. Ким Я.
Россия	Чонджу Владивосток	KNU	Совместные работы	Ли Х.-Ж.
		IBS	Совместные работы	Гой А.А. + 3 чел. Гой В.А. Молочков А.В. Резник Б.Л. + 3 чел. Суськов С.Е.
	Гатчина Долгопрудный Москва	JBNU	Совместные работы	Исаков В.И.
		ДВФУ	Совместные работы	Митин А.В.
		НИЦ КИ ПИЯФ	Обмен визитами	Шкаликов А.А.
		МФТИ	Совместные работы	Гончаров С.А.
		МГУ	Совместные работы	Тетерева Т.В.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Третьякова Т.Ю. Чувильский Ю.М.
		НИЦ КИ	Обмен визитами	Борзов И.Н. Камерджиев С.П. + 2 чел.
		НИЯУ «МИФИ»	Совместные работы	Толоконников С.
			Обмен визитами	Федотов А.М.
			Совместные работы	Пятков Ю.В.

Румыния	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Обмен визитами	Ваградов Г.М.
	Омск	ОмГУ	Совместные работы	Косенко Г.И. + 2 чел.
	Санкт-Петербург	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.
	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Делион Д. Исар А.
Сербия	Клуж-Напока Белград	UB	Совместные работы	Немес Г.А.
		UBB	Совместные работы	Пашка Х. + 2 чел.
		IPB	Совместные работы	Грозданов Т. Симонович Н.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Ружичка Я.
США	Нотр-Дам	IP SAS	Совместные работы	Бетак Е.
		ND	Совместные работы	Апрахамян А. Гарг У.
Узбекистан	Юниверсити-Парк	Penn State	Совместные работы	Стрикман М.И.
	Наманган	НаМИТИ	Совместные работы	Усманов П.Н. + 2 чел.
	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Алпомешев Е.Х. Ганиев О.К. Каюмов В.М. Муминов А.И. Юлдашева Г.А.
		НИИПФ НУУз ФТИ НПО «Ф.-С.» АН РУз	Совместные работы Совместные работы	Муминов Т.М. Ишмуратов А.Н.
Украина	Киев	ИЯИ НАНУ	Обмен визитами	Иванюк Ф. Магнер А. + 2 чел.
		КНУ	Совместные работы	Каденко И.М. Крес И.В.
Франция	Кан Орсе	GANIL	Соглашение	Плошайчак М.
		IJCLab	Соглашение	Верне Д. Лакруа Д. Нгуен Ван Джай
				Квасил Я. + 1 чел.
Чехия	Прага	CU	Совместные работы	Жуков М.В.
Швеция	Гётеборг	Chalmers	Совместные работы	Оберг С.
ЮАР	Йоханнесбург	LU	Совместные работы	Дональдсон Л. Усман И.
		WITS	Соглашение	Гопане М. Тшипи Т.
Япония	Претория	UP	Совместные работы	Смит Ф.Д. Хайс В.Д.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Соглашение	Мории Т.
	Стелленбос	SU	Соглашение	Нишизаки С.
	Кобе	Kobe Univ.	Совместные работы	Такабе Н.
	Мориока Осака	Iwate Univ. Osaka Univ. RCNP	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Ейджири Х. Мицуи Х. Токи Х. + 1 чел.

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, 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, диалкогениды 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 «НАНОБИОФАТОНИКА» ЛНФ ОИЯИ, Институте физики полупроводников СО РАН и ряде других лабораторий стран-участниц ОИЯИ. Будут детально исследованы физические свойства стеков джозефсоновских 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. Кочетов Е.А.	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 Лаборатория (Подразделение)	Руководители проекта 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.Н.

ЛЯП

Величков А.И., Караиванов Д.В.

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 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 соединений.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Расчет обменных интегралов в пироксене на основе ионов кобальта.

Расчет магнитного спектра в ферромагнетике на треугольной решетке в модели Китаева с учетом квантовых поправок.

Разработка теории нелинейных когерентных мод бозе-атомов в ловушках.

Анализ возможности генерации сжатых и запутанных состояний в оптических решётках для квантовой обработки информации.

Развитие метода регулирования динамики намагниченности в наноматериалах и их приложение для создания запоминающих устройств.

Диэлектрический контроль Ридберговских экситонов в атомарно тонких полупроводниках.

Имплементация квантовых алгоритмов на симуляторах с классической вычислительной архитектурой для численного исследования электронной и магнитной структур молекулярных комплексов и кристаллических фрагментов новых функциональных материалов с сильными электронными корреляциями.

Численное моделирование оксидов титана и скандия, связанное с экспериментами по исследованию температурной зависимости электрического сверхтонкого взаимодействия.

Самосогласованный учет корреляций на малых расстояниях для бозе-газов в ловушках и резонансов, вызванных конфинментом, для одномерных и двумерных систем.

Корреляционные свойства систем плотной случайной упаковки со степенным распределением их размеров в термодинамическом пределе.

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:

Классификация систем взаимодействующих частиц со стохастическими генераторами, основанная на R -матричных представлениях бесконечной алгебры Гекке и построение в них марковских двойственностей.

Расчет точных плотностей петель $O(1)$ модели плотной упаковки петель на бесконечном цилиндре с нечетной длиной окружности и соответствующих плотностей критических кластеров просачивания в модели просачивания с конфигурациями, переходящими в двойственные при обороте цилиндра на 180 градусов.

Построение и решение интегрируемой модели решеточных путей с частичной аннигиляцией.

Описание конечномерного поведения модели димеров на решетке с цилиндрическими граничными условиями.

Исследование «запутанных состояний» и магнитных свойств квантовых спиновых цепей с одно-ионной анизотропией и взаимодействием Дзялошинского-Мория.

Применение модели ротора-маршрутизатора (Эйлера блуждания) для описания динамики восстановления двумерных разрывов ДНК

Построение фазовой диаграммы основного состояния, включающей квантовые фазовые переходы, модуляционные переходы (линии беспорядка) и линии квантового распутывания, для димеризованной XYZ цепочки.

Объяснение каскадов перколяционных переходов в моделях типа клеточных автоматов или контактных процессов с помощью анализа нулей Ли-Янга обобщенных статсумм стационарных состояний неравновесных моделей и выявление связи между появлением критической точки геометрического перехода и особенностями спектра собственных значений матрицы переноса соответствующей модели.

Построение новой разреженной эллиптической гамма-функции, описывающей суперконформный индекс кирального суперполя для моделей, связанных со специальной серией линзовых пространств, а также вычисление соответствующего разреженного эллиптического бета-интеграла, подтверждающего дуальность Зайберга для простейших суперсимметричных калибровочных теорий на таких пространствах.

Построение комплексных гипергеометрических интегралов на корневых системах в представлении Меллина-Барнса и рассмотрение квазиклассического предела для них, связанного с двумерной конформной теорией поля. Исследование асимптотики суммы Френкеля-Тураева при параметре обрыва соответствующего эллиптического гипергеометрического ряда N , стремящемся к бесконечности.

Доказательство аналога теоремы Гамильтона-Кэли для семейства квантовых матричных алгебр ортогонального типа. Анализ структуры спектра квантовых ортогональных матриц.

Построение конечномерных неприводимых представлений и анализ хопфовой структуры алгебр уравнения отражения типа GL в квазиосцилляторной реализации.

3. Наноструктуры и наноматериалы

Осипов В.А.

Кочетов Е.А.

ЛТФ

Абдельгани М., Ангел Д., Белгибаев Т., Катков В.Л., Кешарпу К.К., Красавин С.Е., Куликов К.В., Мазаник А.А., Мацко Н.Л., Рахронов И.Р., Соболев И.К., Шукринов Ю.М.

ЛИТ

Земляная Е.В., Сархадов И., Сердюкова С.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 нанoeлектроники, спинтроники и т. п. Частично, данные исследования ориентированы на эксперименты, проводимые в Центре прикладной физики ЛЯР ОИЯИ, центре «НАНОБИОФАТОНИКА» 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 нанoeлектроники, 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, характеристика,

функционализация), ЛНФ ОИЯИ (характеризация, функционализация, 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 взаимодействия сверхпроводимости и магнетизма в джозефсоновских гибридных структурах. Анализ влияния движения доменной стенки в ферромагнитном слое на динамику солитонов в джозефсоновском переходе. Исследование взаимодействия магнитных возбуждений типа доменной стенки с солитонами, возникающими в длинном джозефсоновском переходе.

Исследование влияния температуры на зонную структуру и транспортные характеристики в различных функционализированных наноструктурах, таких как графен и углеродные нанотрубки. Анализ электронных транспортных свойств двумерных систем на основе зонных расчетов методами функционала плотности.

Исследование электронного транспорта в поликристаллических наноматериалах, включая графен. Анализ вклада в электросопротивление, обусловленного рассеянием на границах зерен как в полупроводниковых материалах, так и полуметаллах.

Исследование топологической сверхпроводимости в сильно коррелированных электронных системах. Анализ влияния сильной электронной корреляции на свойства топологического сверхпроводника.

4. Методы квантовой теории поля в сложных системах

ЛТФ

ЛИТ

Гнатич М.

Аджемян Л.Ц., Антонов Н.В., Калагов Г.А., Компаниец М.В., Лебедев Н.М., Мижишин Л., Молотков Ю.Г., Налимов В.Ю., Севастьянов Л.

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 стохастических систем представляют перколяционные процессы. Они описывают такие явления как просачивание в пористых средах, фильтрацию, распространение инфекционных заболеваний, лесные пожары и др. Их универсальной чертой является существование неравновесного фазового перехода в неактивное (поглощающее) состояние, которое гасит всю активность наблюдаемой системы. Очевидно, что изучение переходов между стационарной активной и неактивной фазой имеет важное прикладное значение.

Основным объектом изучения являются физические величины, которые зависят от пространственно-временных координат и поэтому являются флуктуирующими полями, а измеряемыми величинами являются их статистические средние. Важнейшие из них – это ненулевые средние значения полей, функции отклика, многоточечные корреляционные функции, двухточечные одновременные корреляции (структурные функции), включающие составные поля (операторы). В области больших пространственных и временных масштабов наблюдается их скейлинговое поведение с универсальными критическими индексами. Анализ областей устойчивости скейлинговых режимов и вычисление индексов являются приоритетной целью при изучении стохастических нелинейных систем.

Основной целью проекта является исследование стохастических нелинейных динамических систем, таких как развитая (магнито)гидродинамическая турбулентность, неравновесные фазовые переходы, фазовые переходы в системах с высокими спинами, кинетика химических реакций, перколяционные процессы, рост поверхностей в случайных средах и самоорганизованная критичность.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Исследование кроссовера в системах многокомпонентных фермионов в рамках функциональной ренормгруппы БЭК-БКШ: анализ фазовых диаграмм и вычисление температур перехода в упорядоченное состояние. Апробация и адаптация вычислительных методов для решения непертурбативных уравнений функциональной ренормализационной группы.

Развитие вычислительных методов для расчета вкладов многопетлевых диаграмм в ренормгрупповые функции динамических моделей. Исследование динамики сверхпроводящего фазового перехода в низкотемпературных сверхпроводниках.

Исследование эффектов, связанных с нарушением зеркальной симметрии в магнито-гидродинамической развитой турбулентности. Вычисление двухпетлевых диаграмм Фейнмана, порождаемых силой Лоренца, и двухпетлевых диаграмм функции отклика, приводящих к экспоненциальному росту флуктуаций магнитного поля в области больших масштабов. Изучение явления турбулентного динамо.

Построение эффективных теоретико-полевых моделей химических реакций разного сорта частиц, протекающих в случайных средах. Изучение инфракрасного скейлингового поведения статистических корреляций плотностей частиц методами ренормализационной группы.

Исследование изотропной и направленной перколяции. Вычисление многопетлевых диаграмм Фейнмана, порождающих ультрафиолетовые расходимости. Нахождение неподвижных точек уравнений ренормализационной группы и вычисление критических индексов для физически значимых и экспериментально наблюдаемых величин – функций отклика, плотности активных узлов (агентов), эффективного радиуса и массы активных зон.

Изучение влияния изотропного движения среды с различными статистическими характеристиками на возможность возникновения анизотропного скейлинга в модели самоорганизованной критичности Хуа-Кардара. Исследование методом функциональной ренормгруппы возможных асимптотических режимов, соответствующих неуниверсальному скейлинговому поведению поверхности, растущей в случайной среде и описываемой моделью, включающей бесконечное количество типов взаимодействий.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Исследование сверхтекучего фазового перехода в $SU(n)$ симметричной модели в рамках функциональной ренормализационной группы при конечных температурах.

Исследование статистических корреляций магнитных флуктуаций в модели стохастической магнитной гидродинамики с нарушенной зеркальной симметрией в двухпетлевом приближении. Вычисление величины спонтанно возникшего среднего однородного магнитного поля.

Анализ поведения управляющих полей в изотропной перколяции вблизи точки фазового перехода второго рода. Вычисление критических индексов в двух- и трехпетлевом приближении.

Четырехпетлевой ренормгрупповой расчет в стохастической модели развитой турбулентности.

Исследование влияния движения среды на систему с самоорганизованной критичностью, описываемую стохастической моделью Хуа-Кардара. Нахождение возможных типов критического поведения и области их устойчивости. Вычисление в главном порядке теории возмущений соответствующих критических размерностей.

Вычисление в рамках обобщенной модели А критического индекса коэффициента вязкости при переходе в сверхтекучее состояние.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Австралия	Сидней	Ун-т	Совместные работы	Молев А.
Армения	Ереван	ЕГУ	Совместные работы	Мамасакхлисов Е.Ш.

		ННЛА	Совместные работы	Морозов В.Ф. Ананикян Н.С. Апресян Е. Измаилян Н.Ш. Малютин В.Б.
Беларусь	Минск	ИМ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	
		ИФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Килин С.Я. + 5 чел.
		НПЦ НАНБ по материаловедению	Совместные работы и обмен визитами	Сайко А.П. + 3 чел.
Болгария	София	IMech BAS	Совместные работы	Бънзарова Н. Пешева Н.
		ISSP BAS	Совместные работы	Шамати Х. + 3 чел.
Бразилия	Натал	IP UFRN	Совместные работы	Ферраз А.
	Сан-Паулу	USP	Совместные работы	Банято В.С.
Великобритания	Ковентри	Warwick	Совместные работы	Заборонский О.В.
Германия	Вупперталь	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.
Монголия	Улан-Батор	ИРТ MAS	Обмен визитами	Сангаа Д.
Польша	Вроцлав	WUT	Совместные работы	Миржеевски М.
Россия	Москва	НИУ ВШЭ	Обмен визитами	Горбунов В.Г. Гриценко В.А. Уваров Ф.В. Хорошкин С.М.
			Совместные работы	Коротков Д.И.
		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	Гулицкий Н. + 2 чел.
Румыния	Саратов	СГУ	Совместные работы	Колесникова А.С.
	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	Лучивянский 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.

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, Китай, Польша, Португалия, Россия, Сербия, США, Франция, ЦЕРН, Чехия, Япония.

Исследуемая 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. <i>Заместитель:</i> 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 (Подразделение)	Ответственные от лаборатории
1. Интегрируемые системы и симметрии	Исаев А.П. Кривонос С.О. Тюрин Н.А.
ЛТФ	Архипова К.Ю., Гейтота О.В., 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 мультиплетта, 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:

Будут построены универсальные формулы для проекторов на инвариантные подпространства и собственные значения расщепленного оператора Казимира в тензорном произведении четырех присоединенных представлений простых алгебр и супералгебр Ли. Будут найдены универсальные формулы для собственных значений высших операторов Казимира в представлениях, входящих в тензорный куб присоединенного представления простых алгебр и супералгебр Ли. Будут найдены цветовые факторы диаграмм Фейнмана в квантовых калибровочных теориях поля.

Будет построено суперполевое действие $N=(1,0)$, $d=6$ тензорного мультиплета в гармоническом суперпространстве, которое включает взаимодействие с неабелевым калибровочным полем в рамках тензорной иерархии.

Для 3-мерной супергравитационной модели будет построен голографический РГ поток при конечной температуре, соответствующий черной дыре решению. Используя отображение на сферу Пуанкаре, будет исследована устойчивость голографических РГ потоков. Кроме этого, планируется вычислить термодинамические величины и исследовать фазовую диаграмму, соответствующую данному РГ потоку.

Методом обобщенного оператора Вигнера будут построены локальные релятивистские поля, на которых реализуются унитарные неприводимые безмассовые спиральные представления 4D группы Пуанкаре. Планируется построение объектов, как соответствующих калибровочным потенциалам (с использованием вспомогательной "индексной" векторной переменной), так и объектов, соответствующих полевым напряжениям (с использованием вспомогательных коммутирующих спиноров Вейля).

2. Суперсимметрия, высшие спины, гравитация

Иванов Е.А.
Заместитель:
Федорук С.А.

ЛТФ

Бухбиндер И.Л., Заиграев Н.М., Нерсесян А.П., Саркисян Г.А., Сидоров С.С., Сутулин А.О., Шнир Я.М.

Краткая аннотация и научное обоснование:

Проект направлен на решение фундаментальных проблем современной теоретической физики, связанных с развитием суперполевых методов в калибровочных теориях с расширенной суперсимметрией в различных измерениях, включая суперсимметричные модели полей высших спинов и модели суперсимметричной механики. Реализация проекта включает построение новых полевых и квантово-механических моделей, обладающих глобальными и калибровочными симметриями, разработку новых, в том числе геометрических, методов изучения структуры таких моделей на классическом и квантовом уровнях, изучение структуры соответствующих квантовых эффективных действий, а также классических решений этих моделей, включая чёрные дыры. Все задачи проекта поставлены современным развитием теоретической физики и органически связаны единством методов и подходов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Вычисление всех ведущих и subleading по параметру размерной регуляризации двухпетлевых контрчленов в 6D, $N=(1,0)$ и $N=(1,1)$ суперсимметричных калибровочных теориях.

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

Развитие метода вычисления однопетлевого индуцированного эффективного действия в теории гипермультиплета, связанного с внешним полем $N=2$ гармонических суперполей высших спинов.

Вывод 4D, $N=2$ гармонической суперполевой формулировки для $N=2$ суперсимметричных фермионных полей высших спинов. Построение кубичной вершины взаимодействия таких полей с гипермультиплетом.

Построение 4D, $N=2$ суперполевой теории калибровочных полей высших спинов в пространстве AdS.

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 $N \geq 4$ суперсимметрией.

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 моделях Калоджеро для всех корневых систем.

Построение новых точно вычисляемых разреженных эллиптических бета-интегралов, связанных со специальными линзовыми пространствами и подгруппой модулярных преобразований $SL(2, Z)$.

Вычисление матрицы модулярных преобразований одноточечных конформных блоков на торе в Неве-Шварц секторе $N=1$ суперконформной теории Лиувилля на основе представления этой матрицы как интеграла от произведения элементов матрицы слияния.

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

Вывод и детальный анализ свойств нового класса решений ОТО с калибровочными мультикомпонентными полями в моделях со спонтанным нарушением симметрии.

Построение новых решений расширенной теории гравитации с действием Эйнштейна-Черна-Саймонса, описывающих стационарно вращающиеся черные дыры.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Построение 4D, $N=2$ суперполевой теории калибровочных полей высших спинов в пространстве АдС.

Вычисление однопетлевого индуцированного эффективного действия гипермультиплета, взаимодействующего с внешними $N=2$ гармоническими суперполями высших спинов.

Построение и детальный анализ свойств нового класса решений ОТО с калибровочными мультикомпонентными полями в моделях со спонтанным нарушением симметрии.

Нахождение с помощью твисторного подхода и БРСТ-методов лагранжианов, описывающих свободные (супер)поля бесконечного спина.

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

Построение и изучение на классическом и квантовом уровнях новых $N=4$ и $N=8$ матричных систем с расширенной деформированной суперсимметрией и матричных систем суперконформной механики.

Гамильтонова формулировка и квантование систем с обобщением $(2,4,2)$ нелинейного супермультиплета, предложенного в работе S. Bellucci, A. Nersessian, Phys. Rev. D 73, 107701 (2006).

Вычисление матрицы модулярных преобразований одноточечных конформных блоков на торе в Неве-Шварц секторе 2D $N=1$ суперконформной теории Лиувилля.

Получение разностных уравнений для матрицы слияния в Неве-Шварц секторе 2D $N=1$ суперконформной теории Лиувилля.

Получение суперконформного индекса 4D $N=1$ суперконформной теории поля над общим линзовым пространством и вычисление его разреженного бета-интеграла.

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

Построение суперсимметричного обобщения модели Эйлера-Калоджеро-Мозера для произвольного числа частиц. Исследование интегрируемости и суперинтегрируемости данной системы в частном случае с $N=2$ суперсимметрией.

3. Квантовая гравитация, космология и струны

Пироженко И.Г.
Фурсаев Д.В.

ЛТФ

Давыдов Е.А., Нестеренко В.В., Пестов А.Б., Сорин А.С., Тайнов В.А.,
Третьяков П.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:

Проект нацелен на решение фундаментальных проблем классической и квантовой гравитации и проведение в ЛТФ ОИЯИ передовых теоретических исследований национального и мирового уровня в этой области. В классической гравитации проект ориентирован на изучение всевозможных гравитационно-волновых явлений, в том числе, ударных волн в общей теории относительности, а также источников гравитационно-волнового фона, таких, например, как космические струны. Одним из направлений проекта является построение космологических моделей, объясняющих свойства наблюдаемой Вселенной на основе теоретико-полевых методов и модифицированной гравитации. В области квантовой гравитации предполагается развитие аппарата квантовой теории поля во внешнем классическом гравитационном фоне и новых методов для приближенной оценки эффективного гравитационного действия в различных режимах. Также будут исследоваться асимптотические симметрии в гравитации, связь между гравитацией, термодинамикой и квантовым перепутыванием, голографические свойства гравитации и AdS/CFT соответствие.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Развитие теоретико-полевых методов в гравитационном поле ударных гравитационных волн на основе метода супертрансляций на фронте волны, исследование классических полевых эффектов, генерируемых ударными волнами, в том числе в астрофизическом контексте.

Исследование классических эффектов в гравитационном поле ударных гравитационных волн, включая случай гравитационного поля нулевых космических струн (космических струн, движущихся со скоростью света); исследование гравитационного (электромагнитного) излучения, индуцируемого движением нулевых космических струн вблизи массивных (заряженных) источников, оценка параметров этих объектов по наблюдаемым характеристикам индуцированного излучения.

Исследование физических эффектов, связанных с образованием каустик и других дефектов на мировой поверхности нулевой космической струны, как возможных источников гравитационных всплесков; развитие метода голономии для описания свободных классических полей на фоне гравитационной ударной волны.

Квантование и исследование квантовых эффектов в гравитационном поле ударных гравитационных волн, вычисление среднего перенормированного тензора энергии-импульса.

Построение и исследование свойств точных решений уравнений Эйнштейна, поиск нетривиальных решений, обладающих глобальной гиперболической изометрией и позволяющих ввести голономию, связанную с данными преобразованиями.

Исследование гравитационной энтропии, ассоциируемой с различными поверхностями в римановой геометрии, в частности, исследование энтропии, образующейся при пересечении световых конусов прошлого и будущего (causal diamonds), а также исследование квантовых поправок и перенормировок данной величины.

Развитие методов спектральной геометрии в применении к нелинейным спектральным задачам; использование этих методов для исследования конечно-температурной КТП на стационарных многообразиях общего вида, применение этой теории для расчета эффектов кварк-глюонной материи с учетом вращения и ускорения.

Исследование космологических моделей модифицированной гравитации, попытка объяснения на их основе ключевых характеристик наблюдаемой космологии, таких как ускоренное расширение Вселенной, в частности, исследование космологических возмущений в телепараллельной теории с неминимальной скалярно-тензорной связью, где основным объектом является скаляр кручения, в отличие от ОТО, где основной объект – скаляр Риччи.

Построение интегрируемых космологических потенциалов для пространственно-плоских космологий с одним скалярным полем для построения реалистичных вполне интегрируемых инфляционных моделей с фазовым переходом; исследование фазовых переходов в квантовой теории, включающей гравитацию, и динамики образования стенок, разделяющих области с разными значениями поля, развитие метода толстостенного приближения с учетом гравитации, а также построение и исследование точно решаемых инфляционных моделей с фазовыми переходами.

Развитие методов в рамках теории Пикара-Лефшеца и их применение для вычисления лоренцевых континуальных интегралов в задачах квантовой теории поля, гравитации и космологии, и, в частности, в задачах по описанию линзирования гравитационных волн.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Расчет приближенного тензора энергии-импульса слабых высокочастотных волн в $f(R)$ гравитации на фоне произвольного искривленного пространства-времени, не являющегося обязательно решением этой вакуумной $f(R)$ гравитации, следуя методу Айзексона для высокочастотных гравитационных волн в эйнштейновской гравитации. Потенциальное применение полученного результата - учет обратного влияния ранее рожденных скалярных полей на эволюцию темной энергии в настоящее время в моделях типа Старобинского и Ху-Савицки.

Исследование классических эффектов в поле ударных гравитационных волн, частным случаем которых являются гравитационные поля безмассовых ультрарелятивистских частиц и нулевых космических струн. Выполнение количественной оценки этих эффектов и изучение возможности их наблюдения в гравитационных экспериментах.

Метод склеивания метрик через нулевые гиперповерхности будет использован для нахождения новых решений в общей теории относительности, которые можно интерпретировать как гравитационные ударные волны. Будет исследована геометрия и физические свойства этих нулевых поверхностей. Полученные результаты будут сформулированы на языке групп симметрии Кэрролла. Будут получены заряды, связанные с асимптотическими БМС супертрансляциями.

Построение квантовой теории и исследование квантовых эффектов в гравитационном поле ударных гравитационных волн, вычисление среднего перенормированного тензора энергии-импульса.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Австралия	Перт	UWA	Обмен визитами	Бухбиндер Е. Кузенко С. + 2 чел.
Армения	Сидней	Ун-т	Совместные работы	Молев А. + 1 чел.
	Аштарак	ИРЭ НАН РА	Совместные работы	Геворкян Ж. Давтян М.
	Ереван	ИФИ НАН РА	Обмен визитами	Ишханян А.
		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.
Великобритания	Сан-Паулу	USP	Совместные работы	Ферейра Л.
	Санту-Андре	UFABC	Обмен визитами	Василевич Д.В.
	Глазго	U of G	Совместные работы	Фейгин М.В.
	Дарем	Ун-т	Обмен визитами	Дорей П.
	Кембридж	Ун-т	и совместные работы	Сатклифф П.
			Обмен визитами	Осборн Х.
			Совместные работы	Крач С.
Германия	Лондон	Imperial College	Обмен визитами	Стелл К. + 2 чел. Цейтлин А.
	Бонн	UniBonn	Обмен визитами	Русецкий А.
	Ганновер	LUH	Совместные работы	Лехтенфельд О. + 2 чел.
			Соглашение	Драгон Н. + 2 чел.

	Лейпциг Мюнхен Ольденбург	UoC LMU IPO	Соглашение Совместные работы Совместные работы	Бордаг М. Муханов В. Азад Б. Грунау С. Клейхауз Б. Кунц Й. 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.
Иран	Исфахан Тегеран	Ун-т IPM	Совместные работы Соглашение	Лоран Ф. Сабеджан С. Шейх-Джаббари М.М.
Ирландия	Дублин	DIAS	Совместные работы	Чракян Д.
Испания	Барселона Бильбао Валенсия Вальядолид	IEEC-CSIC UPV/EHU IFIC UVa	Обмен визитами Совместные работы Обмен визитами Обмен визитами	Одинцов С.Д. Бандос И. Де Азкарага Х.А. Кастаньеда Х.М.М.
Италия	Падуя	UniPd	Соглашение	Бассетто А. Сорокин Д.
	Триест Турин Фраскати	SISSA/ISAS UniTo INFN LNF	Соглашение Совместные работы Соглашение	Бонора Л. + 1 чел. Фре П. + 2 чел. Беллуччи С. + 2 чел.
Китай	Хэньян Шанхай	USC Ун-т	Обмен визитами Обмен визитами	Гуднассон С. Коробков М.
Польша	Белосток Вроцлав	UwB UW	Обмен визитами Обмен визитами	Одзиевич А. Лукерски И. Попович З. Фридришак А.
	Краков	JU	Соглашение Обмен визитами	Боровец А. Вережинский А. Романчукевич Т.
Португалия	Авейру	UA	Обмен визитами Совместные работы	Раду Ю. Эрдейру С + 1 чел.
Россия	Воронеж Долгопрудный	ВГУ МФТИ	Обмен визитами Совместные работы	Минаков А. Бондал А. Мусаев Э.
	Казань	КФУ	Обмен визитами	Попов А.А. Сушков С.В.
	Москва	ГАИШ МГУ ИПМех РАН ИТЭФ	Обмен визитами Обмен визитами Обмен визитами	Топоренский А.В. Доброхотов С. 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 и совместные работы	Арефьева И.Я. + 2 чел. Волович И.В. Катанаев М. Орлов Д.

		НИУ ВШЭ Сколтех ФИАН	Обмен визитами Обмен визитами Обмен визитами	Славнов Н.А. Пушкарь П. Казарян М. Барвинский А. + 1 чел. Васильев М. Мецаев Р.
	Новосибирск Протвино Санкт-Петербург Томск	НГУ ИФВЭ ПОМИ РАН ТГПУ	Обмен визитами Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Миронов А. Зиновьев Ю. Деркачев С.Э. + 2 чел. 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 США	Ниш Колледж-Парк	Ун-т UMD	Обмен визитами Обмен визитами	Джорджевич С. Гэйтс Дж. Коутроликос К.
	Корал Габлс Нью-Йорк	UM CUNY	Совместные работы Обмен визитами	Мезинческу Л. + 2 чел. Акулов В. Катто С. Корепин В.
		SUNY	Обмен визитами	Замолодчиков А.Б. Шуряк Е.
Франция	Филадельфия Аннеси-ле-Вье	Penn LAPP	Совместные работы Обмен визитами и совместные работы	Оврут Б. Рагоси Э. Сокачев Э.
	Лион	ENS Lyon	Обмен визитами	Сорба П.
	Марсель	CPT	Совместные работы	Дельдук Ф. Кокоро Р. Огиевецкий О.В.
	Нант Париж	SUBATECH ENS LUTH	Соглашение Совместные работы Совместные работы	Смилга А. Поликастро Дж. Гургуйон Э.
	Тур	Ун-т	Совместные работы	Волков М.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Гарад Ж. Альварец-Гоме Л. + 2 чел. Антониадис И. + 1 чел. Феррара С. + 2 чел.
Чехия Япония	Прага Окинава Токио	CTU OIST Keio Univ. UT	Обмен визитами Обмен визитами Совместные работы Обмен визитами	Бурдик Ч. + 3 чел. Цулая М. Нитта М. + 1 чел. 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, Болгария, Германия, Польша, Россия, Словакия, США, Франция, Чехия.

Исследуемая проблема и основная цель исследований:

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

Проект по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. STAR	Панебратцев Ю.А. Ледницки Р.	02-1-1066-1-2010/2024

Проект:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. STAR	Панебратцев Ю.А. Ледницки Р.	Реализация
ЛФВЭ, ЛИТ, ЛЯП, ЛТФ, УНЦ	см. участников активностей	

Краткая аннотация и научное обоснование:

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.

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 $7,7 \div 200$ ГэВ и экспериментах с фиксированной мишенью в интервале энергий $3,0 \div 7,7$ 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 ($2,5 < \eta < 4,2$).

3. 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.
4. Разработка программного обеспечения и формирование инфраструктуры для обработки данных STAR в ОИЯИ с использованием GRID – технологий.
5. Создание совместных с БНЛ и университетами стран-участниц учебных курсов для подготовки кадров для работы на коллайдерах релятивистских ядер и поляризованных протонов.
6. 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).
7. Проработка предложений по созданию детекторов для изучения поляризационных явлений на коллайдерах.

Активности:

Наименование активности	Руководители	Статус
<p>Лаборатория (Подразделение)</p> <p>1. Участие в выполнении экспериментов и анализе данных по программе энергетического сканирования BESII. Поиск сигнатур фазовых переходов и критической точки КХД</p> <p>ЛФВЭ</p>	<p>Ответственные от лаборатории</p> <p>Панебратцев Ю.А.</p>	<p>Набор данных Анализ статистики</p>
<p>2. Исследование спиновых эффектов в столкновениях поперечно поляризованных протонов с протонами и ядрами. Измерение инклюзивных поперечных спиновых асимметрий и фрагментационных функций</p> <p>ЛФВЭ</p>	<p>Токарев М.В.</p>	<p>Набор данных Обработка данных</p>
<p>ЛИТ</p> <p>ЛТФ</p>	<p>Апарин А.А., Дедович Т.Г., Любошиц В.В., Теряев О.В., Шахалиев Э.И.</p> <p>Мусульманбеков Ж.Ж.</p> <p>Голоскоков С.В.</p>	
<p>3. Изучение структуры событий, коллективных переменных, корреляционных характеристик, фемтоскопических корреляционных функций и процессов с большими P_t</p> <p>ЛФВЭ</p>	<p>Ледниcki Р.</p> <p>Панебратцев Ю.А.</p>	<p>Реализация</p>
<p>ЛИТ</p>	<p>Агакишиев Г.Н., Апарин А.А., Дедович Т.Г., Кекечян А.О., Коробицын А.А., Краева А.Ю., Луонг Б.В., Нигматкулов Г.А., Панюшкина С.С., Токарев М.В., Шахалиев Э.И.</p> <p>Ососков Г.А.</p>	
<p>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</p>	<p>Панебратцев Ю.А.</p>	<p>Набор данных Обработка данных Анализ статистики</p>

ЛФВЭ	Аверичев Г.С., Агакишиев Г.Н., Айтбаев А., Апарин А.А., Дедович Т.Г., Кечечан А.О., Луонг Б.В., Нигматулов Г.А., Рогачевский О.В., Токарев М.В., Шахалиев Э.И.	
ЛИТ	Громова Н.И., Мицин В.В.	
5. Развитие программного обеспечения и создание инфраструктуры для обработки данных STAR в ОИЯИ	Панебратцев Ю.А. Кореньков В.В. (ЛИТ)	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.	
6. Создание совместных с БНЛ и университетами стран-участниц учебных курсов для подготовки кадров для работы на коллайдерах релятивистских ядер и поляризованных протонов	Сидоров Н.Е. Клыгина К.В.	Реализация
ЛФВЭ	Голубева Е.И., Воронцова Н.И., Осмачко М.П., Семчуков П.Д.	
УНЦ	Балалыкин С.Н., Платонова Л.В., Смирнов О.А., Строганова Т.Г.	
7. Проработка предложений по созданию детекторов для изучения поляризационных явлений на коллайдерах	Дунин В.Б.	Подготовка проекта
ЛФВЭ	Фимушкин В.В.	
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.	Подготовка проекта
ЛФВЭ	Дунин В.Б., Коробицын А.А., Лашманов Н.А., Панюшкина С.С., Рогов В.Ю.	
ЛЯП	Жемчугов А.С.	

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	ИРП НАНА	Совместные работы	Шахалиев Э.И.
Болгария	София	INRNE BAS	Совместные работы	Бънзаров И.Ж. + 1 чел. Ванков И.
		SU	Совместные работы	Гурев В. Райновский Г.
Германия	Гейдельберг	Ун-т	Соглашение	Глассел П. Стахель И.
Польша	Варшава	WUT	Совместные работы	Дуда П. + 3 чел. Плюта Я. + 2 чел.
Россия	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Ставинский В.В.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Стриханов М.Н. + 3 чел.
	Санкт-Петербург	СПбГУ	Совместные работы	Васильев А.Н. + 10 чел.
Словакия	Кошице	UPJS	Совместные работы	Браун М.А. + 2 чел. Вокал С. + 2 чел.

США	Аптон	BNL	Совместные работы Соглашение	Ли Жуан Руан Жанг Бу Ну + 12 чел. Лауре Ж. + 3 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.
Чехия	Прага	CU	Совместные работы	Фингер М.
		IP CAS	Совместные работы	Филип П.
	Ржеж	NPI CAS	Совместные работы	Зборовский И. Шумбера М. + 1 чел.

ATLAS. Модернизация установки и физические исследования на LHC

Руководитель темы: Бедняков В.А.

Участвующие страны и международные организации:

Азербайджан, Армения, Беларусь, Болгария, Германия, Грузия, Израиль, Испания, Италия, Канада, Нидерланды, Россия, Словакия, США, Франция, ЦЕРН, Чехия.

Исзуемая проблема и основная цель исследований:

Исследование протон-протонных взаимодействий при сверхвысоких энергиях LHC (до 14 ТэВ); в том числе детальное изучение структуры нуклона; поиск и исследование бозонов Хиггса, поиск суперсимметричных частиц и новых физических явлений, а также изучение физики тяжелых кварков, прецизионные измерения в области стандартной модели, участие в развитии программного обеспечения эксперимента ATLAS и в модернизации основных систем детектора.

Проекты по теме:

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

Проекты:

Наименование проекта Лаборатория (Подразделение)	Руководители проекта Ответственные от лаборатории	Статус
1. ATLAS. Физические исследования на LHC ЛЯП	Бедняков В.А. Храмов Е.В. Артиков А.А., Атанов Н.В., Баранов В.Ю., Батусов В.Ю., Бойко И.Р., Васильев В.А., Глаголев В.В., Гладилин Л.К., Гонгадзе А., Гонгадзе И.Б., Гонгадзе Л.А., Госткин М.И., Грицай К.И., Гусейнов Н.А., Гуськов А.В., Давыдов Ю.И., Дедович Д.В., Демичев М.А., Диденко А.Р., Елецких И.В., 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., Малоюков 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., Усов Ю.А., Харченко Д.В., Чижов М.В., Шайковский А.В., Шалюгин А.Н., Шиякова М.М.	Техпроект
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., Казымов А.И., Кореньков В.В., Минсеев М.А., Яковлев А.В.	
ЛТФ	Арбузов А.Б., Бедняков А.В., Бондаренко С.Г., Казаков Д.И., Теряев О.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 – фундаментальных и мельчайших элементов материи. Исследование такого сорта процессов и последующее описание их в рамках единой мировоззренческой концепции является главной задачей современной физической науки.

В частности, с помощью установки ATLAS уже ведется тщательная проверка современной Стандартной модели физики частиц, определяются границы 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 (как и CMS), работающий на самом передовом по достигнутой в лабораторных условиях энергии сталкивающихся протонов коллайдере LHC в ЦЕРН, представляет собой уникальный и беспрецедентный по своей сложности физический прибор, который, с одной стороны, аккумулирует в себе наиболее передовые достижения современной науки, техники, технологии и средств коммуникаций, а с другой стороны, гарантирует (в силу вышесказанного) решение главной задачи его создания – производство совершенно новых знаний об окружающем нас мире. Поэтому участие в таком масштабном международном проекте, как эксперимент ATLAS на LHC, представляется совершенно необходимым для такой международной организации как ОИЯИ. Это доступ к новейшим технологиям, это сопричастность в получении уникальнейших научных результатов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

На основе многопланового и всестороннего исследования процессов рассеяния протонов будут получены совершенно новые и уникальные экспериментальные данные. Анализ этих данных даст возможность решить ряд наиболее фундаментальных физических проблем. Сотрудники ОИЯИ в рамках данного проекта примут участие в решении ряда таких проблем.

Планируется получить совершенно новые данные и опубликовать статьи по всем отмеченным выше физическим задачам, за которые отвечают сотрудники ОИЯИ. Наиболее важные из них – исследование структуры протона и спектра адронных состояний и проверка Стандартной модели физики частиц при энергиях LHC, поиск и исследование проявлений суперсимметрии, поиск свидетельств существования новых частиц и новых взаимодействий. Помимо этого, сотрудники ОИЯИ получают новые результаты, которые позволят уточнить свойства уже известных элементарных частиц, таких как W- и Z-бозоны, топ-кварк, тяжелые барионы и другие.

В результате выполнения данного проекта, нацеленного на решение задач наивысшей научной значимости, будут также получены уникальные результаты прикладного характера, способные кардинальным образом изменить качество жизни. 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, а также разработку и практическое использование в условиях проведения долгосрочного и крупномасштабного эксперимента системы распределенных вычислений (GRID) и приложений мониторинга баз данных.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Участие в эксплуатации детектора ATLAS, поиск и изучение характеристик дополнительных экзотических (в том числе и киральных) Z^* -, W^* -бозонов в их двухструйных каналах распада в процессах ассоциативного рождения с тяжёлыми b- и t-кварками.
2. Поиск заряженного суперсимметричного типа бозона Хиггс по их трехлептонной моде распада.
3. Анализ данных ассоциативного рождения SM бозона Хиггса и топ-анти топ кварковой пары и поиск ассоциативного рождения SM бозона Хиггса с одним топ-кварком.
4. Поиск проявлений валентно-подобной непертурбативной компоненты тяжелых кварков в протоне (intrinsic heavy quarks).
5. Поиск новых и изучение свойств известных адронов и барионов, содержащих тяжелые c- и b-кварки.
6. Изучение тройного дифференциального сечения процессов Дрелла-Яна и углов смешивания в распадах Z-бозона.
7. Всестороннее исследование глюонной структуры протона и т.п.
8. Поиск квантовых чёрных дыр.
9. Участие в разработке системы индексирования событий по триггерам.
10. Участие в разработке и поддержание системы TDAQ.
11. Разработка приложений мониторинга баз данных.
12. Участие во второй фазе модернизации мюонного спектрометра и калориметрических систем детектора.

2. Модернизация детектора ATLAS

Чеплаков А.П. (ЛФВЭ)

Реализация

ЛФВЭ

Чеплаков А.П. + 5 чел.

ЛЯП

Гонгадзе А. + 5 чел., Давыдов Ю.И. + 7 чел.

ЛНФ

Булавин М.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:

Вторая фаза модернизации детектора ATLAS нацелена на подготовку установки к работе в условиях большой светимости LHC. Во время первой фазы, успешно завершившейся в 2022 году, основным вкладом группы ОИЯИ было участие в реализации проекта создания нового мюонного колеса – важного элемента мюонного спектрометра. Работа по модернизации мюонного спектрометра продолжается в части создания камер RPC. Проводится разработка, испытания и изготовление системы считывания сигналов жидко-аргонового калориметра (LAr) на основе оптоволоконной технологии. С участием ОИЯИ ведется создание нового высокогранулярного детектора с высоким временным разрешением (HGTD).

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Завершение модернизации детекторных систем позволит обеспечить стабильную и эффективную работу установки ATLAS при светимости LHC на уровне в 5–7 раз выше проектной величины около $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 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	Совместные работы и обмен визитами	Серенкова И.А. + 2 чел.
		ГГУ	Совместные работы и обмен визитами	Андреев В.В. + 1 чел.
	Минск	ИПФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Максименко Н.В. Шуляковский Р.Г. + 2 чел.
		ИФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Курочкин Ю.А. + 3 чел. Кульчицкий Ю.А. + 2 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Солин А.В. Солин А.А.
Болгария	София	SU	Совместные работы	Чижов М.В.
Германия	Цойтен	DESY	Совместные работы	Ломан В. Шрайбер Й.
Грузия	Тбилиси	HEPI-TSU	Соглашение	Джобавя 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.
Чехия	Прага	CU	Совместные работы	Вильгельм И.

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.

Исзуемая 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	Каржавин В.Ю.	02-1-1083-1-2010/2025
2.	Модернизация детектора CMS	Каржавин В.Ю.	02-1-1083-2-2014/2026

Проекты:

	Наименование проекта	Руководитель проекта	Статус
1.	CMS Лаборатория (Подразделение)	Каржавин В.Ю. Ответственные от лаборатории	Реализация
	ЛФВЭ, ЛИТ, ЛТФ, УНЦ	см. участников активностей	

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.с.м.; обработка и анализ экспериментальных данных эксперимента CMS, соответствующих интегральной светимости до 450 фбн^{-1} , с целью получения новых физических результатов по направлениям:

1. 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.
2. Поиск кандидатов на роль темной материи в канале рождения пар лептонов/b-кварков и недостающей поперечной энергии.
3. Исследование свойств бозона Хиггса и поиск новых скалярных бозонов расширенного хиггсовского сектора в каналах распада на лептоны и b-кварки.
4. 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).
5. 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:

1. Проведение экспериментов на LHC, введение в эксплуатацию и обеспечение работы во время набора данных при полной светимости и энергии адронной калориметрии и мюонной станции ME1/1.

2. 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:

1. Проверка предсказаний Стандартной модели и поиск сигналов новой физики в канале с парой мюонов и недостающей поперечной энергии в конечном состоянии на основе обработки и анализа экспериментальных данных с интегральной светимостью до 300 фб^{-1} , развитие алгоритмов реконструкции мюонов высоких энергий и алгоритмов восстановления струй.
2. Техническая поддержка детекторных систем CMS, участие в проведении сеансов по набору и контролю качества экспериментальных данных.
3. 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.

Активности:

Наименование активности	Руководители	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
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., Жижин И.А., Зыкунов В.А., Каменев А.Ю., Кобылец Л.Г., Ланев А.В., Малахов А.И., Шаласев В.В., Шульга С.Г.	
ЛИТ	Войтишин Н.Н., Кореньков В.В., Корсаков Ю.В., Ососков Г.А., Пальчик В.В., Слижевский К.В.,	
ЛТФ	Дека М., Козлов Г.А., Савина М.В., Теряев О.В.	
УНЦ	Юлдашев Б.С.	
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., Кильчаковская С.В., Куренков А.М., Маканькин А.М., Перелынин 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. Шматов С.В. (ЛИТ)	Реализация
ЛИТ	Войтишин Н.Н., Голунов А.О., Долбилов А. Г., Кашунин И.А., Мицын В.В., Олейник Д.А., Ососков Г.А., Пальчик В.В., Петросян А.Ш., Семенов Р.Н., Стриж Т.А., Трофимов В.В., Филюзова И.А.	
ЛФВЭ	Голунов А.О., Горбунов Н.В.	

2. Модернизация детектора CMS
ЛФВЭ, ЛИТ, ЛТФ, УНЦ

Каржавин В.Ю.
см. участников активностей

Реализация

Краткая аннотация и научное обоснование:

Начиная с 2029 года предусмотрена работа LHC при повышенной светимости вплоть до $7.5 \times 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{с}^{-1}$ (High Luminosity LHC, HL-LHC), что позволит увеличить статистику более чем на порядок ($\text{Lint} \sim 3000 \text{ фбн}^{-1}$). 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 (Highly Granularity Calorimeter, HGCal) и в модернизации катодно-стриповых камер передней мюонной станции ME1/1 торцевой мюонной системы CSC CMS.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Модернизация детекторов CMS в рамках ответственности ОИЯИ для эффективной работы в условиях высокой светимости коллайдера.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Модернизация детекторов мюонной станции ME1/1 и участие в НИР по исследованию новых газовых смесей и эффектов старения камер CSC CMS.
2. Создание экспериментального комплекса для проведения испытаний чувствительных элементов калориметра HGCal
3. Создание технологии изготовления панелей охлаждения калориметра HGCal

Активности:

Наименование активности Лаборатория (Подразделение)	Руководители Ответственные от лаборатории	Статус
2.1. Модернизация передней мюонной станции ME1/1 ЛФВЭ ЛИТ	Каржавин В.Ю. Голунов А.О., Горбунов Н.В., Ершов Ю.В., Каменев А.Ю., Куренков А.М., Маканькин А.М., Перелыгин В.В. Войтишин Н.Н., Пальчик В.В.	Модернизация
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.	
2.2.2. Панели охлаждения и сенсоры для калориметра HGCal ЛФВЭ ЛИТ УНЦ	Зарубин А.В. Алексахин В.Ю., Бунин П.Д., Б.В. Дубинчик, Голунов А.О., Горбунов Н.В., Ершов Ю.В., Замятин Н.И., Кильчаковская С.В., Куренков А.М., Смирнов В.А., Сухов Е.В., Устинов В.В. Войтишин Н.Н., Кореньков В.В., Сатышев И., Хведелидзе А., Шматов С.В. Юлдашев Б.С.	

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Австрия	Вена	НЕРНУ	Совместные работы	Вульц К.-Э. + 57 чел.
Армения	Ереван	ННЛА	Совместные работы	Тумасян А. + 6 чел.
Беларусь	Гомель	ГГУ	Совместные работы и обмен визитами	Максименко Н.В. + 1 чел. Андреев В.В.
	Минск	НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Чеховский В.А. + 2 чел. Макаренко В.В. + 3 чел. Литомин А.В.

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

Кипр	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.
	Никосия	UCY	Совместные работы	Разис П.А. + 13 чел.
	Китай	Пекин	«Tsinghua» IHEP CAS PKU	Совместные работы Совместные работы Совместные работы
Литва	Ханчжоу	ZJU	Совместные работы	Хао М. + 9 чел.
	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.
Польша	Варшава	UW	Совместные работы	Кроликовски Я. + 17 чел.
	Краков	AGH AGH-UST	Совместные работы Совместные работы	Малавски М. + 10 чел. Идзик М.А. + 3 чел.
Республика Корея	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Совместные работы	Горски М. + 8 чел.
	Кванджу	CNU	Совместные работы	Мун Д.Х. + 5 чел.
	Сеул	KU SJU SKKU SNU Yonsei Univ.	Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Чои С. + 18 чел. Ким Х. + 4 чел. Чои Я. + 9 чел. Янг У. + 23 чел. Йо Х.Д. + 2 чел.
	Тэджон	KIST	Совместные работы	Рю Г. + 4 чел.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Воробьев А.А. + 19 чел.
Россия	Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Аушев Т.А.-Х. + 7 чел.
	Жуковский	ЭМЗ им. В.М.Мясищева	Совместные работы	Новиков В.К. + 5 чел.
	Москва	ИТЭФ НИИЯФ МГУ НИКИЭТ	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Гаврилов В.Б. + 22 чел. Боос Э. + 37 чел. Орлов А.Н. Сметанников В.П. + 5 чел.
		НИЯУ «МИФИ» ФИАН	Совместные работы Совместные работы	Данилов М.В. + 18 чел. Дремин И.М. + 9 чел.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Гниненко С.Н. + 29 чел. Матвеев В.А.
	Новосибирск	НГУ	Совместные работы	Сковпень Ю.И. + 7 чел.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Качанов В.А. Петров В.А. + 2 чел. Тюрин Н.Е. + 35 чел.
Сербия	Санкт-Петербург	ЦНИИ «Электрон»	Совместные работы	Васильев И.С. + 7 чел.
	Снежинск	РФЯЦ-ВНИИТФ	Совместные работы	Андриаш Е. + 15 чел.
	Томск	ТГУ ТПУ	Совместные работы Совместные работы	Иванченко В.Н. + 7 чел. Сухих Л.Г. + 3 чел.
	Белград	INS «VINCA»	Совместные работы	Аджич П. + 9 чел.
	США	Айова-Сити	Uowa	Совместные работы
США	Балтимор	JHU	Совместные работы	Шварц М. + 19 чел.
	Батавия	Fermilab	Совместные работы	Канепа А. + 197 чел.
	Бостон	BU NU	Совместные работы Совместные работы	Рольф Д. + 31 чел. 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, МА	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	Гейббер 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.
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Юлдашев Б. + 5 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.
Чехия	Прага	SU	Совместные работы	Фингер М. + 7 чел.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Котлински Д. + 11 чел.
	Цюрих	ETH	Совместные работы	Валли Р. + 70 чел.
		UZH	Совместные работы	Канелли М.Ф. + 27 чел.
Эстония	Таллин	NICPB	Совместные работы	Радал М. + 20 чел.

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.

Исзуемая проблема и основная цель исследований:

Квантовая хромодинамика является истинной теорией сильного взаимодействия. Однако, несмотря на её значительные успехи в описании взаимодействия кварков и глюонов в рамках пертурбативного подхода, вопрос о том, почему адроны и ядра именно такие, какими мы их видим, остаётся открытым. Описание на основе базовых принципов КХД фундаментальных свойств адронов, таких как их массы, спины, партонные распределения, формфакторы, спектры, и т. д. является одной из главных нерешённых проблем квантовой хромодинамики. Конфайнмент кварков и глюонов в адронах, а также рост бегущей константы сильного взаимодействия с уменьшением характерного масштаба энергии взаимодействия не позволяют непосредственно использовать для этого пертурбативный подход, хорошо себя зарекомендовавший при высоких энергиях. В настоящее время для количественного описания спектра адронов, их статических свойств и их взаимодействий при малых энергиях используются различного рода феноменологические модели. Определённые успехи достигнуты в вычислениях на решётках. Сравнение предсказаний моделей и теоретических вычислений для наблюдаемых величин с результатами измерений является важным тестом состоятельности и границ применимости используемых подходов. При этом, конечной целью исследований в данном направлении, как теоретических, так и экспериментальных, является получение описания спектров, структуры и свойств адронов из первых принципов КХД.

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. BESIII	Денисенко И.И. Заместитель: Жемчугов А.С.	02-2-1085-1-2007/2028
2. Изучение фундаментальных свойств адронов в эксперименте NA66/AMBER	Гуськов А.В.	02-2-1085-2-2024/2026

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	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., Шелков Г.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 распада 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 $Q^2 \sim M_{J\psi}^2$. В частности, будет получена информация о спектре экзотических лёгких и чармониеподобных состояний и их свойствах, а также о деталях инклюзивного рождения с-кварков.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Анализ данных BESIII.
2. Разработка программного обеспечения для офлайн обработки данных и инструментов анализа.
3. Участие в наборе данных.

2. Изучение фундаментальных свойств адронов в эксперименте NA66/AMBER

ЛЯП

ЛИТ

ЛФВЭ

Гуськов А.В.

Реализация

Абазов В.М., Алексеев Г.Д., Анфимов Н.В., Втюрин А.В., Гонгадзе А., Гридин А.О., Денисенко И.И., Журавлёв Н.И., Ковазина Н.А., Мальцев А., Пискун А.А., Селюнин А.С., Самарцев А.Г., Серюбин С.С., Токменин В.В., Фролов В.Н.

Петросян А.Ш.

Аносов В.А., Гавришук О.П., Гуцерски Р., Земляничкина Е.В., Корзенев А.Ю., Кузнецов О.М., Пешехонов Д.В., Шунько А.А.

Краткая аннотация и научное обоснование:

AMBER (Apparatus for Meson and Baryon Experimental Research) – новая экспериментальная установка с неподвижной мишенью на пучковой линии M2 ЦЕРН SPS. Установка предназначена для проведения множества измерений, направленных на решение фундаментальных вопросов квантовой хромодинамики, которые, как ожидается, приведут к значительному улучшению понимания КХД как современной теории сильных взаимодействий. Предлагаемые измерения охватывают физику в диапазоне от самых малых значений Q^2 , как определение зарядового радиуса протона при упругом мюон-протонном рассеянии, реакций со средними значениями Q^2 для адронной спектроскопии, и исследований адронной структуры с высоким Q^2 , используя жесткие процессы Дрелла-Яна, чармония и производства быстрых фотонов. Группа ОИЯИ отвечает за модернизацию и эксплуатацию адронного калориметра HCAL1 и системы идентификации мюонов под большим углом MW1 (Muon Wall 1). Она также участвует вместе с группой из Туринского университета в производстве и поддержке трековых детекторов Bulk Micromegas, которые заменят устаревшие проволочные камеры (MWPC) в SAS за магнитом SM2.

Ожидаемые результаты по завершении 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:

1. Участие в наборе данных для программы измерения протонного радиуса.
2. Участие в НИОКР для детекторов Micromegas.
3. Подготовка к модернизации считывающей электроники для работы в безтриггерном режиме.

Активности:

Наименование активности Лаборатория (Подразделение)	Руководители Ответственные от лаборатории	Статус
1. PANDA ЛЯП	Алексеев Г.Д. 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., Токменин В.В.	Техпроект
2. COMPASS-II ЛЯП ЛФВЭ ЛИТ	Гуськов А.В. Абазов В.М., Алексеев Г.Д., Анфимов Н.В., Втюрин А.В., Гридин А.О., Денисенко И.И., Журавлёв Н.И., Мальцев А., Пискун А.А., Селюнин А.С., Самарцев А.Г., Токменин В.В., Фролов В.Н. Аносов В.А., Гавришук О.П., Гуцерски Р., Земляничкина Е.В., Корзенев А.Ю., Кузнецов О.М., Пешехонов Д.В. Петросян А.Ш.	Обработка данных

3. Теоретическая поддержка коллайдерных экспериментов ЛЯП

Калиновская Л.В.

Реализация

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.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	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	ИНЕР CAS	Соглашение	Ли Хай-Бо
Польша	Варшава	IEP WU	Соглашение	Баделек Б.
		WUT	Соглашение	Курята Р.
		NCBJ	Соглашение	Сандач А. + 1 чел.
		UA	Соглашение	Азеведо К. + 1 чел.
Португалия	Авейру	LIP	Соглашение	Квинтанс К. + 2 чел.
	Лиссабон	НИЦ КИ ПИЯФ	Соглашение	Дзюба А. + 5 чел.
	Гатчина	ИЯФ СО РАН	Соглашение	Ачасов М.Н.
Россия	Новосибирск	ИФВЭ	Соглашение	Донсков С. + 1 чел.
США	Протвино	LANL	Соглашение	Баудино И.
	Лос-Аламос	ЦЕРН	Соглашение	Маллот Г.
ЦЕРН	Женева	СТУ	Соглашение	Нови Й. +11 чел.
Чехия	Прага	CU	Соглашение	Матушек Я. + 5 чел.
Япония	Ямагата	Yamagata Univ.	Соглашение	Хирума Й.

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, Болгария, Индия, Китай, Монголия, Россия, Румыния, Словакия, США, Узбекистан, ЦЕРН.

Исзуемая 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.

Проект по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. NA61/SHINE	Малахов А.И. Заместители: Дмитриев А.В. Зайцев А.А.	02-1-1087-1-2012/2024

Проект:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. NA61/SHINE	Малахов А.И. Заместители: Дмитриев А.В. Зайцев А.А.	Модернизация Изготовление Анализ статистики
ЛФВЭ	Бабкин В.А., Буряков М.Г., Головатюк В.М., Киреев В.А., Колесников Р.Ю., Матвеев В.А., Мелкумов Г.Л., Румянцев М.М.	
ЛЯП	Любушкин В.В., Лыкасов Г.И., Попов Б.А., Терещенко В.В.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

Основные физические цели проекта включают в себя: поиск критической точки второго порядка на фазовой диаграмме КХД (поиск немонотонного поведения сигнатур критических точек, таких как флуктуации поперечного импульса и множественности, сигнал интермиситти и т.д., когда система замерзает вблизи критической точки), изучить свойства начала деконфайнмента (поиск возникновения структур «horn», «kink», «step» и «dale» при столкновениях легких ядер). Программа исследования сильных взаимодействий основана на сканировании пучками легких и промежуточных ядер (от $p + p$ до $Xe + La$) с импульсами в диапазоне 13A - 158A ГэВ/с.

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.

Активности:

Наименование активности Лаборатория (Подразделение)	Руководители Ответственные от лаборатории	Статус
1. Эксперимент БЕККЕРЕЛЬ2023	Зарубин П.И.	Набор данных Анализ статистики
ЛФВЭ	Артеменков Д.А., Браднова В., Зайцев А.А., Корнегруца Н.К., Натарджан М., Рукояткин П.А., Русакова В.В.	

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 Хе (NICA/Нуклотрон) и Кг (GSI) для изучения распадов ^8Be , состояния Хойла и сопровождающих α -ансамблей и поиск 4α -конденсата. Оценка параметров сопровождающих реакцию нейтронов. Освоение идентификации по многократному рассеянию изотопов He и H на моторизованном микроскопе. Поиск изобар-аналоговых состояний ^8Be и ^9B в облучении ^9Be 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.	Модернизация Изготовление Анализ статистики
ЛЯП	Стегайлов В.И.	
ЛЯР	Кирокасян В.В., Козулин Э.М., Мышинский Г.В., Стрекаловский О.В.	
ЛФВЭ	Абрамян 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. СКАН-3. Создание прецизионного магнитного спектрометра СКАН-3 и проведение исследований нуклонных степеней свободы в ядрах, нуклонных корреляций	Афанасьев С.В. Дряблов Д.К.	Модернизация Набор данных Анализ статистики
---	--------------------------------	---

**и ядерной фрагментации на
внутренней мишени Нуклотрона**
ЛФВЭ

Анисимов Ю.С., Балдин А.А., Вартик В., Дубинчик Б.В.,
Кильчаковская С.В., Кречетов Ю.Ф., Парайпан М., Сакулин
Д.Г., Смирнов В.А., Сухов Е.В., Устинов В.В., Харьюзов П.Р.

Ожидаемые результаты по завершении активности:

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 активности 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.

**4. 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**
ЛФВЭ

**Балдин А.А.
Глаголев В.В.**

Анализ статистики

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:

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. Подготовка учебной программы для студентов высшей квалификации для проекта NICA.

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.

**5. Изучение глубокоподпороговых
процессов, прикладные
и образовательные программы
на установке Маруся**
ЛФВЭ

Балдин А.А.

Изготовление Набор данных

Арефьев В.А., Афанасьев С.В., Базылев С.Н., Балдина Э.Г.,
Белобородов А.В., Беляев А.В., Блеко Вер.В.,
Богословский Д.Н., Блеко Вит.В., Берлев А.И., Дряблов Д.К.,
Ефимова Е.А., Клевцов Е.А., Коровкин Д.С., Кухарев В.А.,
Сафонов А.Б., Семашко С.В., Старикова С.Ю., Слепнев И.В.,
Троян А.Ю., Троян Ю.А., Четвериков С.А., Харьюзов П.Р.,
Шиманский С.С.

ЛИТ

Кореньков В.В.

ЛТФ

Бондаренко С.Г.

ЛЯП

Федоров А.Н.

Ожидаемые результаты по завершении активности:

Модернизация установки «МАРУСЯ» для проведения экспериментальных исследований с выведенными пучками Нуклотрона. Исследование A -зависимостей редких подпороговых и кумулятивных процессов образования пионов, каонов и легких ядер в зависимости от типа и энергии налетающих ядер, импульса и угла регистрируемых частиц. Проведение корреляционных экспериментов с регистрацией групп частиц в конечном состоянии, одна из которых кумулятивная.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:

Продолжение экспериментов на внутренней мишени и на выведенном пучке Нуклотрона. Развитие программ моделирования и обработки экспериментальных данных. Испытание детекторов измерения светимости (ВВС). 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.

6. Использование тяжелых и легких ионов для прикладных исследований

Малахов А.И.

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:

Использование тяжелых и легких ионов для прикладных исследований.

7. Модернизация оборудования установки «Станция внутренних мишеней Нуклотрона»

**Афанасьев С.В.
Колесников Р.Ю.**

Модернизация
Набор данных

ЛФВЭ

Анисимов Ю.С., Бекиров В., Дряблов Д.К., Дубинчик Б.В.,
Кильчаковская С.В., Кузнецов С.Н., Сакулин Д.Г.

Ожидаемые результаты по завершении активности:

Замена электроники управления работой мишени с системы КАМАК на современные промышленные стандарты. Создание программного обеспечения под новую электронику. Изготовление мишени на основе изотопа углерода ¹³C.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:

Подготовка станции для работы в весеннем сеансе.

8. Испытания детекторов для измерения и контроля светимости на коллайдере NICA

Мильнов Г.Д.

Разработка и испытания
прототипов

ЛФВЭ

Абраамян Х.У., Акберов Р.А., 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.

9. Изучение короткодействующих нуклон-нуклонных корреляций на модернизированной станции внутренних мишеней Нуклотрона.

Ладыгин В.П.

Изготовление
Набор данных

ЛФВЭ

Гурчин Ю.В., Исупов А.Ю., Ладыгина Н.Б., Малахов А.И.,
Резников С.Г., Терехин А.А., Тишевский А.В.

Ожидаемые результаты по завершении активности:

Подготовка проекта по изучению односпиновых асимметрий на ускорительном комплексе ЛФВЭ.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:

Обработка экспериментальных данных, полученных на пучке ¹²⁴Xe с энергией 3ГэВ/нук.

10. Поиск и исследование новой заряженной частицы в интервале массы 2-120 МэВ

Никитин В.А.

Анализ данных

ЛФВЭ

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

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.

11. Фундаментальные и прикладные исследования физики на пучках релятивистских электронов в рамках коллаборации FLAP

Балдин А.А.

Разработка и тестирование систем диагностики.
Набор и анализ данных

ЛФВЭ

Александров В.А., Балдина Э.Г., Белобородов А.В., Блеко В.В., Блеко В.В., Богословский Д. Н., Клевцова Е.А., Кобец В.В., Коровкин Д.С., Кухарев В.А., Ноздрин М.А., Сафонов А.Б., Троян Ю.А., Харьюзов П.Р., Четвериков С.А.,

Ожидаемые результаты по завершении активности:

Создание детекторов вторичных частиц для коллайдерных экспериментов.

Изучение механизмов электромагнитных взаимодействий и закономерностей генерации электромагнитных излучений, включая управляемую генерацию ТГц излучения.

Создание стенда для регистрации спектров нейтронов с времяпролетной системой измерения энергии.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:

Создание и пучковые испытания детекторов частиц на основе быстрых сцинтилляторов.

Регистрация ГГц излучения от активных мишеней, облученных пучками релятивистских электронов.

Создание стенда для регистрации вторичных нейтронов.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	ЕГУ ННЛА	Совместные работы Совместные работы	Балабекян А. + 2 чел. Гулкян Г.У. + 4 чел. Саркисян В.Р. + 1 чел.
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Барышевский В.Г. + 5 чел. Батраков К.Г. + 4 чел. Сыгова 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.
Индия	Джайпур Мумбаи	Inst. Microbiology BAS	Совместные работы	Данова С.
		SU	Соглашение	Колев Д.
Китай	Пекин	Ун-т	Совместные работы	Богомилов М.
		BARC	Совместные работы	Кумар В. + 2 чел.
Монголия	Ухань Улан-Батор	CIAE	Совместные работы	Кумават Х. + 2 чел.
		ИHEP CAS	Совместные работы	Гуо С.Л.
Монголия	Ухань Улан-Батор	CCNU	Совместные работы	Чью Х.Х.
		ИPT MAS	Совместные работы	Ли С.Л. Баатар Ц. + 2 чел. Тогоо Р. + 2 чел.

Россия	Белгород Владикавказ	БелГУ ВТС «Баспик»	Совместные работы Соглашение	Кубанкин А.С. + 4 чел. Джерарпов Г.К. Кулов С.К. Кулова Н.С. Рыжков А.А. Самканашвили Д.Г. Самодуров П.С. Федотова Г.В.	
	Москва	СОГУ ИТЭФ	Соглашение Совместные работы	Пушаева Н.Е. + 2 чел. Батяев В.Ф. Титаренко Ю.Е. + 5 чел.	
		МГУ НИЦ КИ ФИАН	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Чепурнов А.С. + 2 чел. Ставинский А.В. + 7 чел. 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. Пшеничных 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 Томск	СмолГУ ТПУ	Соглашение Совместные работы	Дюндин А.В. + 4 чел. Главанакон И.В. Табаченко А.Н.	
	Румыния	Черноголовка Бухарест	ИСМАН РАН IFIN-НН	Совместные работы Совместные работы	Пономарев В.И. + 1 чел. 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.
		Мэгуреле	UB ISS	Совместные работы Совместные работы	Джипа А. + 6 чел. Могилдеа Г. Могилдеа М. Фмру Е. + 2 чел.
			Братислава	IP SAS	Совместные работы
Словакия	Кошице	UPJS	Совместные работы	Вокал С. + 4 чел.	

США Узбекистан	Айова-Сити	Uowa	Совместные работы	Норбек Е.
	Джизак	ДжГПИ	Соглашение	Саттаров С.А.
			Совместные работы	Бекмирзаев Р.Н. Жомуродов Д.М.
	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.

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, Украина, Финляндия, Франция, Хорватия, ЦЕРН, Чехия, Швеция, Шри Ланка, ЮАР, Япония.

Исследуемая проблема и основная цель исследований:

Экспериментальное исследование взаимодействий тяжелых ионов при релятивистских и ультрарелятивистских энергиях.

Проект по теме:

Наименование проекта	Руководитель проекта	Шифр проекта
1. ALICE	Водопьянов А.С.	02-1-1088-1-2010/2025

Проект и активности:

Наименование	Руководитель	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1.1. ALICE. Детекторы частиц	Водопьянов А.С.	Реализация
ЛФВЭ	Арефьев В.А., Астахов В.И., Балдин Н.А., Диаз Р.А., Додохов В.Х., Класс Е.М., Лобанов В.И., Номоконов П.В., Руфанов И.А., Цебаллос С.Ц.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

участие в подготовке предложений по модернизации детектора ALICE: сверхпроводящий магнит, электромагнитный калориметр, внешний трекер на кремниевых сенсорах.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

участие в обслуживании и эксплуатации детектора ALICE. Участие в работах по сверхпроводящему магниту, созданию электромагнитного калориметра и внешнего трекера.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

проработка технического проекта электромагнитного калориметра и внешнего трекера. Участие в обслуживании и эксплуатации детектора ALICE.

1.2. Моделирование физических процессов и анализ экспериментальных данных	Батюня Б.В.	Реализация
ЛФВЭ	Барабанов М.Ю., Вертоградова Ю.Л., Григорян С.С., Кузнецов А.В., Малинина Л.В., Михайлов К.Р., Поздняков В.Н., Рогочая Е.П.	
ЛТФ	Блашке Д., Неделько С.Н.	
ЛЯП	Лькасов 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 ультрапериферических 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.

1.3. ALICE. Модернизация, тестирование и поддержка программного обеспечения эксперимента в распределенной компьютерной сети GRID

ЛФВЭ

ЛИТ

Водопьянов А.С.

Батюня Б.В., Рогочая Е.П., Стифоров Г.Г.

Мицын В.В., Кондратьев А.О.

Реализация

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.

1.4. Фотонный спектрометр PHOS

ЛФВЭ

Водопьянов А.С.

Номоконов П.В.

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

Реализация

Краткая аннотация и научное обоснование:

в связи с необходимостью кардинального улучшения временного разрешения электромагнитного спектрометра PHOS проводятся работы по разработке новой системы считывания сигналов с кристаллов вольфрамата свинца.

Ожидаемые результаты по завершении активности:

предложена новая система считывания сигналов на основе кремниевых фотоумножителей и новой электроники регистрации.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:

разработка новой электроники регистрации, тестирование прототипов на пучках PS и SPS CERN.

1.5. Сверхпроводящий магнит

ЛФВЭ

Водопьянов А.С.

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

Проект

Краткая аннотация и научное обоснование:

в рамках модернизации детектора ALICE (ФАЗА2) 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	Такахашаи Дж. + 5 чел.

Великобритания	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.
	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	GSИ	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	Апшельхаузер Х. + 5 чел.
				Кебшуль У. + 5 чел.
Греция	Афины	УоА	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	Батгачарджи 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	Чакрабартти 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.
		PU	Совместные работы	Кумар Л. + 3 чел.
		LIPI	Совместные работы	Садикин Р. + 3 чел.
		DiSIT UPO	Совместные работы	Рамелло Л. + 6 чел.
	Индонезия	Бари	DIF	Совместные работы
		INFN	Совместные работы	Манзари В. + 7 чел.
Болонья		Poliba	Совместные работы	Бруно Дж. + 5 чел.
		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.
Падуа		INFN	Совместные работы	Росси А. + 2 чел.
	UniPd	Совместные работы	Росси А. + 1 чел.	
Италия	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.
Польша	Варшава	WUT	Совместные работы	Градчиковски Л. + 5 чел.
	Краков	AGH	Совместные работы	Китовски Е. + 3 чел.
		INP PAS	Совместные работы	Ковалски М. + 3 чел.
	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Совместные работы	Семярчук Т. + 3 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	ВНИИЭФ	Совместные работы	Илькаев Р. + 10 чел.

Румыния	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Петровичи М. + 10 чел.	
		UPB	Совместные работы	Карабас М. + 1 чел.	
Словакия	Мэгуреле	ISS	Совместные работы	Добрин А. + 2 чел.	
	Братислава	CU	Совместные работы	Ситар Б. + 2 чел.	
	Кошице	IEP SAS	Совместные работы	Кралик И. + 2 чел.	
		TUKE	Совместные работы	Жадловски Ж. + 2 чел.	
США	Беркли	UPJS	Совместные работы	Бомбара М. + 3 чел.	
		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-Лафайетт	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.	
Турция	Чаченгсау	TMEC	Совместные работы	Жемсаксире В. + 5 чел.	
	Конья	Karaday Univ.	Совместные работы	Карасу Юсал А. + 2 чел.	
	Стамбул	YTU	Соглашение	Субаши М. + 2 чел.	
Украина	Киев	Ун-т	Совместные работы	Картал С. + 5 чел.	
		ИТФ НАНУ	Совместные работы	Зиновьев Г.М. + 2 чел.	
Финляндия	Харьков	ННЦ ХФТИ	Совместные работы	Борщев В. + 2 чел.	
	Йювяскюля	UJ	Совместные работы	Расанен С. + 3 чел.	
Франция	Хельсинки	HIP	Совместные работы	Расанен С. + 5 чел.	
	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.	
ЦЕРН	Сплит	Ун-т	Совместные работы	Готовак М. + 3 чел.	
	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Ван де Вивр П. + 70 чел.	
Чехия	Прага	CTU	Совместные работы	Петрачек В. + 5 чел.	
		IP CAS	Совместные работы	Завада П. + 3 чел.	
Швеция	Ржеж	NPI CAS	Совместные работы	Кризек Ф. + 5 чел.	
	Лунд	LU	Совместные работы	Кристиансен П. + 5 чел.	
Шри-Ланка	Моратува	Ун-т	Совместные работы	Перера Г. + 3 чел.	
	ЮАР	Йоханнесбург	Совместные работы	Диетел Т. + 2 чел.	
Япония	Кейптаун	UCT	Совместные работы	Диетел Т. + 3 чел.	
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Диетел Т. + 5 чел.	
	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.

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, 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. <i>Заместитель:</i> Мадигожин Д.Т.	02-1-1096-1-2010/2024
2. NA64	Матвеев В.А. Пешехонов Д.В.	02-1-1096-2-2017/2026

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. NA62	Кекелидзе В.Д. <i>Заместитель:</i> Мадигожин Д.Т.	Набор данных Анализ статистики
ЛФВЭ	Баева А.Н., Байгарашев Д., Баутин В. В., Белькова А.А., Геворгян С.Р., Горбунова В.Н., Гудзовский Е.А., Емельянов Д.Д., Еник Т.Л., Камбар И., Керейбай Д., Короткова А.М., Мадигожин Д.Т., Мишева 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:

1. Анализ полученной в экспериментах NA62 и NA48/2 информации, публикация двух статей в рецензируемых журналах с определяющим участием сотрудников ОИЯИ в анализе данных.

2. 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.
3. Участие в сопровождении спектрометра NA62, а также в развитии и сопровождении системы контроля всех детекторов эксперимента.
4. Участие в разработке строу-детектора для пучков высокой интенсивности.
5. 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., Камбар Ы., Касьянова Э.А., Кекелидзе Г.Д., Крамаренко В.А., Лысан В.М., Саламатин К.М.

ЛЯП

Фролов В.Н.

ЛТФ

Жевлаков А.С.

Краткая аннотация и научное обоснование:

Несмотря на активные поиски проявлений темной материи (DM), проводимые на БАК и в экспериментах, не задействованных 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 SM, 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:

1. Анализ полученной в эксперименте NA64 информации.
2. Сопровождение и обслуживание трековых детекторов, строу трубок.
3. Участие в сеансах эксперимента NA64 в экспериментальной зоне на канале H4 и на мюоном канале ускорителя SPS ЦЕРН.
4. 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	Совместные работы и обмен визитами	Солин А.В. + 1 чел.
Бельгия	Лувен-ля-Нев	UCL	Совместные работы	Кортин 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.

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	Нумео Т. + 1 чел.
		UBC	Совместные работы	Брайман Д.А. + 2 чел.
Мексика	Сан-Луис-Потоси	UASLP	Совместные работы	Энгельфрид Ю. + 3 чел.
Россия	Москва	ФИАН	Совместные работы	Тихомиров В.О. + 1 чел.
	Москва, Троицк	ИФВД РАН	Совместные работы	Тихомиров В.Д. + 1 чел.
		ИЯИ РАН	Совместные работы	Гниненко С.Н. + 9 чел.
				Куденко Ю. + 10 чел.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Образцов А. + 19 чел.
	Томск	ТПУ	Совместные работы	Поляков В.А. + 5 чел.
Румыния	Бухарест	IFIN-HH	Совместные работы	Любовитский В.Е. + 4 чел.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Брагадиреану А. + 3 чел.
				Блажек Т. + 8 чел.
				Черный В.
США	Аптон	BNL	Совместные работы	Ворчестер 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-Тириин М. + 1 чел.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Чекуччи А. + 37 чел.
Чехия	Прага	CU	Совместные работы	Кампф К. + 7 чел.
				Ляйтнер Р. + 5 чел.
Чили	Вальпараисо	UTFSM	Совместные работы	Кулешов С. + 5 чел.
Швейцария	Лозанна	EPFL	Совместные работы	Марчевский Р.И. + 3 чел.
	Цюрих	ETH	Совместные работы	Руббия А. + 4 чел.

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, Россия, Словакия, Украина, Чехия, Япония.

Исследуемая 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).

Активности:

Наименование активности	Руководители	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. Эксперимент ГиперНИС	Строковский Е.А. Лукстиньш Ю. Кривенков Д.О.	Реализация Набор данных
ЛФВЭ	Аверьянов А.В., Аксиненко В.Д., Аникина М.Х., Асадова К.В., 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., Непочатых С.М., Охрименко О.В., Парфенова Н.Г., Пацюк М.А., Пляшкевич С.Н., 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 $\Lambda N - \Sigma N$ и зависящее от спина взаимодействие ΛN и т.д. Особый интерес к этому исследованию обусловлен отсутствием достоверных данных о свойствах ${}_{\Lambda}^6\text{H}$ и противоречивых теоретических предсказаниях, которые сильно зависят от используемой теоретической модели. В этом же эксперименте будут изучаться времена жизни и сечения рождения гиперядер ${}_{\Lambda}^4\text{H}$ и ${}_{\Lambda}^3\text{H}$, которые могут быть использованы как «контрольные точки» для подтверждения образования и распада ${}_{\Lambda}^6\text{H}$.

Ожидаемые результаты по завершении активности:

1. Разрешение вопроса о существовании гиперядра ${}_{\Lambda}^6\text{H}$.
2. Новые экспериментальные данные о свойствах легчайших гиперядер и проверка экспериментом теоретических моделей для этих гиперядер.

3. 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.
4. Новые экспериментальные данные по фоторождению странности и векторных мезонов (в том числе, содержащих странные кварки) поляризованными фотонами (вблизи соответствующих порогов).

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:

1. Набор данных для поиска $\Lambda^6\text{H}$ в пучке ядер ${}^7\text{Li}$. Анализ первых экспериментальных данных по поиску гиперядра $\Lambda^6\text{H}$ и измерению времени жизни изотопов гиперводорода $\Lambda^6\text{H}$ и $\Lambda^4\text{H}$.
2. Модернизация магнитного спектрометра ГиперНИС (трековая система) за счет добавления плоскостей GEM-детекторов. Эти детекторы, которые уже частично закуплены и тестируются на установке ГиперНИС сотрудниками СФСКИ, 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.
3. 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.
4. Подготовка совместного проекта экспериментов ГиперНИС и SRC.

2. SRC

Пацок М.А.

Подготовка проекта Анализ данных

ЛФВЭ

Аверьянов А.В., Аксиненко В.Д., Аникина М.Х.,
Атовуллаев Т., Атовуллаева А., Герценбергер С.В.,
Непочатых С.М., Охрименко О.В., Парфенова Н.Г.,
Пляшкевич С.Н., Рукояткин П.А., Саламатин А.В.,
Фещенко А.А.

ЛЯП

Терещенко В.В.

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 активности:

Основные цели и задачи следующего эксперимента по исследованию КДК, запланированного на выведенном пучке зоны ГиперНИС, будут уточняться по мере получения результатов анализа данных 2022 года. Детекторы установки по исследованию КДК могут быть размещены на площадке ГиперНИС почти без помех для установки ГиперНИС. Важно отметить, что 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 активности в текущем году:

1. Анализ полученных ранее в эксперименте SRC на BM@N данных.
2. Оценка импульсного разрешения магнитного спектрометра ГиперНИС в перспективе решения задач эксперимента SRC.
3. Проработка вариантов размещения детекторов эксперимента SRC и дополнительного магнита в зоне эксперимента ГиперНИС на канале 4В.
4. Подготовка совместного проекта экспериментов ГиперНИС и SRC.

3. NEMAN

Кокоулина Е.С.
Никитин В.А.

Подготовка проекта Набор данных

ЛФВЭ

Баландин В.П., Барлыков Н., Борзунов Ю.Т., Гавришук О.П.,
Дудин В., Дунин В.Б., Зыкунов В.А., Иваненко В.Ю.,
Константинов А.В., Кукушкина Р.И., Попов В.В.,
Руфанов И.А., Синельщикова С.Е., Токарев М.В.

ЛТФ

Быстрицкий Ю.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 глубоко 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:

1. Подготовка физической программы по изучению коллективных явлений в области большой множественности в протонных и дейтериевых взаимодействиях на установке SPD на коллайдере NICA.
2. 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. Оценки параметров адронизации различных адронов.
3. Создание автономного многоканального спектрометра-калориметра регистрации мягких фотонов и использование его для измерения поляризации поляриметром SPILER на выходе спинового поляризационного источника (SPI).
4. 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.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:

1. 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).
2. Изготовление прототипа спектрометра-калориметра совместно с коллегами из Беларуси.
3. Выполнение детального моделирования взаимодействия пучка дейтронов на дейтериевой мишени при прогнозируемой энергии пучков.
4. 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.
5. Участие в работах по разработке физической программы на будущей установке SPD с неполяризованными и поляризованными пучками протонов и легких ядер для изучения поведения множественности. Проведение моделирования pp (dd , pd) взаимодействий при энергиях до 27 ГэВ.
6. 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.

7. Детальное исследование параметров стадии адронизации заряженных и нейтральных мезонов и барионов в модели глюонной доминантности.
8. Подготовка нового проекта взамен активности NEMAN.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Гомель	ГГТУ	Совместные работы и обмен визитами	Крышнев Ю.В. + 8 чел. Авакян С.Л. + 3 чел.
	Минск	ИПФ НАНБ ИФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами Совместные работы и обмен визитами	Шуляковский Р.Г. + 4 чел. Левчук М.И.
Россия	Москва	«Азимут-Фотоникс» «ФОМОС-МАТЕРИАЛС» НИИЯФ МГУ	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Тимошин С.В. Васильев В.Б. Богданова Г.А. Волков В. Королев М.Г. Меркин М.М. Харламов П.И.
		Москва, Зеленоград Протвино	НИЯУ «МИФИ» НИИМВ ИФВЭ	Совместные работы Совместные работы Совместные работы
	Сыктывкар Черноголовка	ОМ Коми НЦ УрО РАН ИФТТ РАН	Совместные работы Совместные работы	Кутов А.Я. Классен Н.В.
Словакия	Банска Бистрица	UMB	Совместные работы	Коломийцев Е.Э.
Украина	Киев	ИТФ НАНУ	Совместные работы	Бегун В.В. Горенштейн М.И.
Чехия	Прага	STU	Совместные работы	Врба В. Гавранек М. Гораздовский Т. Кохоут З. Марчишовски М. Масек П. Мора Ю. Нойэ Г. Полянский С. Поспишил С. Смейкал Я. Солар М. Томашек Д. Яношка З.
Япония	Осака	CU	Совместные работы	Кветонь А. + 3 чел.
		RCNP	Совместные работы	Фингер М. (мл.) Йосои М. Токиясу А.

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

Руководитель темы: Строковский Е.А.

Заместители: Пискунов Н.М.
Ладыгин В.П.
Шиндин Р.А.

Участвующие страны и международные организации:
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 году, 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 коллайдере экспериментов по измерению ЭДМ и нарушения четности. В рамках темы выполняются два проекта: АЛПОМ-2 и DSS, а также ведется подготовка проекта по измерению спиновых эффектов в нуклон-ядерном рассеянии с использованием подвижной поляризованной мишени и модернизации спектрометра Дельта-Сигма. 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 распада дейтрона путем измерения тензорной анализирующей способности и спиновой корреляции в реакции dp -рассеяния 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 внутреннего движения составляющих в нуклонах.

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. АЛПОМ-2	Пискунов Н.М. <i>Заместители:</i> Томази-Густафссон Е. Пердрисат Ч. Пунджаби В.	02-1-1097-1-2010/2024
2. DSS	Ладыгин В.П.	02-1-1097-2-2010/2024

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. АЛПОМ-2	Пискунов Н.М. <i>Заместители:</i> Томази-Густафссон Е. Пердрисат Ч. Пунджаби В.	Набор и анализ данных Развитие установки
ЛФВЭ	Базылев С.Н., Гаврищук О.П., Глаголев В.В., Дружинин А.А., Кириллов Д.А., Легостаева К.С., Ливанов А.Н., Рукояткин П.А., Ситник И.М., Шиндин Р.А.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

В настоящее время необходимы измерения анализирующих способностей протонов и нейтронов в рассеянии на CH_2 , CH и других мишенях. Такие данные необходимы для экспериментов, требующих измерения поляризации протонов и нейтронов в ядерных реакциях. Также крайне необходима оптимизация адронной поляриметрии и расширение базы

данных по анализирующим способностям как для протонов, так и для нейтронов. Это возможно только в Дубне, где доступны поляризованные пучки протонов и нейтронов получаемыми посредством фрагментации ускоренных поляризованных дейтронов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Исследование анализирующей способности в рассеянии поляризованных протонов (при импульсах до 7.5 ГэВ) и нейтронов (при импульсах до 6 ГэВ) на полиэтилене, на установке АЛПОМ-2.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

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 тензорной анализирующей способности и спиновой корреляции в реакции dp -рассеяния 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 внутреннего движения составляющих 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 спином протона на внутренней мишени Нуклотрона

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Завершение анализа данных по анализирующим способностям A_y, A_{yy} и A_{xx} дейтрон-протонного рассеяния при энергиях 400-1300 МэВ. Модернизация протонного поляриметра на внутренней мишени. Публикация полученных результатов по поляриметрии и по дейтронным анализирующим способностям дейтрон-протонного рассеяния до энергии 1800 МэВ.

Активности:

Наименование активности

Лаборатория (Подразделение)

Руководители

Ответственные от лаборатории

Статус

- 1. Работы по развитию инфраструктуры на Нуклотроне и других комплексах для исследований поляризационных явлений. Разработка, создание и развитие систем управления поляризацией и поляриметрии, рассмотрение постановок новых экспериментов на поляризованных пучках комплекса НИКА**

Бутенко А.В.

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., Таратин А.М.,
Филатов Ю.Н., Фимушкин В.В., Шиндин Р.А.,

ЛЯП

Узиков Ю.Н.

ЛИТ

Ужинский В.В.

Краткая аннотация и научное обоснование:

Возможность получения пучков ускоренных поляризованных протонов в нуклотроне без значительных инвестиций, продемонстрированная в 2017 г., стала основой для интенсификации работ по спиновой программе проекта NICA и, в частности, для развития методов поляриметрии, создания новых методов точного управления направлением вращения протонов, дейтронов и других частиц. Эта часть работы по теме напрямую связана с созданием комплекса NICA и отработкой нового подхода к управлению поляризацией в режиме спиновой прозрачности. Несомненный интерес

представляет также исследование возможности постановки на 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:

1. Создание проекта размещения элементов поляриметрии диагностики пучков и управления поляризацией на участке SPD кольца коллайдера NICA.
2. Завершение модернизации поляриметра в фокусе ФЗ.
3. Подготовка техзадания на изготовление поляриметра протонов на основе кластерной мишени.

<p>2. Установка Дельта-Сигма. Подготовка проекта по измерению спиновых эффектов в нуклон-ядерном рассеянии с использованием модернизированной подвижной поляризованной мишени и усовершенствованным спектрометром ЛФВЭ</p>	<p>Шиндин Р.А. Усов Ю.А. (ЛЯП)</p>	<p>Подготовка проекта</p>
<p>ЛЯП</p>	<p>Бажанов Н.А., Борисов Н.С.</p>	
<p>ЛНФ</p>	<p>Черников А.Н.</p>	
<p>3. Эксперименты по программе СТРЕЛА на поляризованном пучке дейтронов ЛФВЭ</p>	<p>Пискунов Н.М.</p>	<p>Набор данных</p>
	<p>Базылев С.Н., Глаголев В.В., Дружинин А.А., Кириллов Д.А., Ситник И.М., Шиндин Р.А.</p>	
<p>4. Расчеты поляризационных характеристик процессов ЛФВЭ</p>	<p>Лукиянов В.К. (ЛТФ)</p>	<p>Анализ данных</p>
	<p>Иерусалимов А.П., Ладыгина Н.Б.</p>	

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
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.
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	Таран Г.Г.
		ЛФМП ФИАН	Совместные работы	Гуревич Г.М.
Румыния	Бухарест	INCDIE ICPE-CA	Совместные работы	Хайретдинов К.У. + 2 чел.
				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.

Узбекистан	Норфолк	NSU	Совместные работы	Пунджаби В.
	Ньюпорт-Ньюс	JLab	Совместные работы	Джонс М.
	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	Усака Т.
	Хиросима	Hiroshima Univ.	Совместные работы	Мацуда М. Нагата Ю.

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. <i>Заместители:</i> Анфимов Н.В. Гончар М.О.	02-2-1099-1-2009/2026
2. NOvA/DUNE	Ольшевский А.Г. <i>Заместители:</i> Анфимов Н.В. Самойлов О.Б.	02-2-1099-2-2015/2026
3. TAIGA	Бородин А.Н. <i>Заместитель:</i> Ткачев Л.Г.	02-2-1099-3-2015/2026

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. JUNO	Наумов Д.В. <i>Заместители:</i> Анфимов Н.В. Гончар М.О.	Реализация
ЛЯП	Анфимов Н.В. + 10 чел., Гончар М.О. + 6 чел., Горнушкин Ю.А. + 6 чел., Красноперов А.В., Немченко И.Б., Ольшевский А.Г.	
ЛИТ	Балашов Н.А., Кутовский Н.А.	
ЛФВЭ	Астахов В.И., Шутов В.Б.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

Измерение иерархии масс нейтрино в реакторном эксперименте с длинной базой. Прецизионное определение параметров нейтринных осцилляций. Изучение потоков нейтрино от различных источников: солнечных, гео и других.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Определение порядка масс нейтрино с точностью $> \sim 3$ сигма, прецизионное измерение спектра реакторных антинейтрино, поиск стерильных нейтринных состояний, измерение потоков солнечных и гео- нейтрино.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Оценка точности определения иерархии масс нейтрино в эксперименте JUNO с учетом ближнего детектора ТАО. Проверка детектирующих элементов и электроники JUNO и ТАО. Монтаж подсистем (ФЭУ, ВВ, Вето) и подготовка к набору данных.

2. NOvA/DUNE

Ольшевский А.Г.

Реализация

Заместитель:

Анфимов Н.В.

Самойлов О.Б.

ЛЯП

Анфимов Н.В. + 12 чел., Колупаева Л.Д., Ольшевский А.Г.,
Самойлов О.Б. + 8 чел.

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.,
Кутровский Н.А.

ЛФВЭ

Еник Т.Л. + 13 чел., Мовчан С.А.

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, получение новых результатов по иерархии масс и CP. Подготовка к работе прототипов систем ближнего детектора DUNE.

3. TAIGA

Бородин А.Н.

Реализация

Заместитель:

Ткачев Л.Г.

ЛЯП

Блинов А.В., Гребенюк В.М., Гринюк А.А., Караташ Х.,
Лаврова М.В., Пороховой С.Ю., Павлов Ю.Е., 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 ПеВатронов, 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 ТэВного диапазона от гамма-всплесков и гамма-квантов, скоррелированных с нейтрино высоких энергий. Поиск космических ускорителей, в которых протоны ускоряются до энергий 100 – 3000 ТэВ. Исследование массового состава космических лучей в области перехода от галактических к внегалактическим лучам.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

Набор и анализ данных для восстановления спектра гамма-квантов от галактических источников (Крабовидная туманность, Dragonfly, J2227+610 (G106.3+2.7), J2031 +415 (Cygnus Cocoon), сверхновая Тихо-Браге). Введение в строй 4-го черенковского телескопа, установка дополнительных широкоугольных детекторов, изготовление и монтаж на полигоне монтировки 5-го черенковского телескопа. Разработка и подготовка к работе новых черенковских детекторов.

Активности:

Наименование активности Лаборатория (Подразделение)		Руководители Ответственные от лаборатории	Статус
1. Эксперимент NA65/DsTau	ЛЯП	Горнушкин Ю.А. Васина С.Г., Дмитриевский С.Г., Садовский А.Б., Сотников А.П., Чуканов А.В.	R&D
2. Эксперимент Borexino/DarkSide	ЛЯП	Смирнов О.Ю. Вишнева А.В., Громов М.Б., Кораблев Д.В., Самойлов О.Б., Сотников А.П., Шешуков А.С.	Обработка данных

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.
Китай	Салерно	INFN	Совместные работы	Бозза К. + 3 чел.
	Пекин	ИНЕР 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, МА Колумбия, SC	Harvard Univ. UofSC	Совместные работы	Фельдман Г. + 1 чел.
Турция	Анкара	METU	Совместные работы	Петти Р. + 1 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	Шибую С. + 2 чел.
	Фукуока	Kyushu Univ.	Совместные работы	Арига Т.

Поиск новой физики в лептонном секторе

Руководители темы: Цамалаидзе З.

Участвующие страны и международные организации:

Беларусь, Болгария, Великобритания, Германия, Грузия, Италия, Казахстан, Россия, США, Франция, Чехия, Швейцария, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:

Поиск доказательств новой физики за пределами Стандартной Модели с помощью измерения безнейтринного когерентного перехода мюона в электрон ($\mu \rightarrow e$ конверсии) в поле ядра алюминия.

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководитель проекта	Шифр проекта
1. СОМЕТ	Цамалаидзе З.	02-2-1144-1-2021/2024

Проекты:

Наименование проекта Лаборатория (Подразделение)	Руководитель проекта Ответственные от лаборатории	Статус
1. СОМЕТ	Цамалаидзе З.	R&D Реализация
ЛЯП	Адамов Г., Артиков А.М., Бойков А.В., Васильев И.И., Величева Е.П., Волков А.Д., Дугинов В.Н., Евтухович П.Г., Евтухович И.Л., Зимин И.Ю., Калинин В.А., Канева Е.С., Павлов А.В., Сабиров Б.М., Самарцев А.Г., Симоненко А.В., Терещенко В.В., Терещенко С.В., Хубашвили Х., Церава 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 и асимметрию материи – антиматерии Вселенной через лептогенез. Наиболее чувствительное исследование CLFV обеспечивается экспериментами, которые используют высокоинтенсивные мюонные пучки для поиска переходов CLFV мюона в электрон $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ (эксперимент MEG в PSI); $\mu^+ \rightarrow e^+ e^+ e^+$ (эксперимент Mu3e в PSI) и когерентная безнейтринная конверсия мюона в электрон в поле ядра $\mu^- N \rightarrow e^- N$ (эксперимент COMET в J-PARC).

Эксперимент COMET будет реализован в двух фазах, Фаза-I и Фаза-II. Экспериментальная цель чувствительности для этого процесса в Фазе-I эксперимента составляет 3.1×10^{-15} , или с 90%-ой вероятностью верхний предел 7×10^{-15} , что в 100 раз превышает существующий предел. Ожидаемое число фоновых событий равно 0,032. Для достижения целевой чувствительности и фонового уровня будет использоваться протонный пучок мощностью 3,2 кВт 8 ГэВ от J-PARC. Два типа детекторов, CyDet и StrECAL, будут использоваться для обнаружения событий преобразования μ -е и для измерения фоновых событий, связанных с пучком, с учетом Фазы-II эксперимента соответственно.

Целью полного эксперимента является SES $2,6 \times 10^{-17}$, которую мы называем Фазой-II. Эта конечная цель чувствительности в 10 000 раз лучше, чем текущий экспериментальный предел $B(\mu^- + Au \rightarrow e^- + Au) \leq 7 \times 10^{-13}$, полученный с помощью SINDRUM-II на PSI.

Ученые ОИЯИ успешно участвуют в подготовительном этапе в эксперименте COMET. Для эксперимента COMET Фаза-I сотрудники ОИЯИ изготовили и протестировали в соответствии требованиям весь комплект 9.8-миллиметровых строу-трубок, около 2700 шт., а для COMET Фаза-II изготовят весь комплект 5-миллиметровых строу-трубок, примут активное участие в создании всего трека установки, калориметра и вето-системы CRV, также в сборке и обслуживании детекторов, в анализе данных.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Производство всех строу-трубок. Различные процедуры проверки трубок на давление, утечку газа и удлинение, в соответствии с требованиями СОМЕТ.
2. Проведение научно-исследовательских работ по строу-трубкам диаметром 5 мм и толщиной стенки 12 мкм для Фазы-II СОМЕТ. Для этой цели мы подготовили новую линию производства строу-трубок в ЛЯП.
3. Сборка, испытания и установка второй и третьей станции строу-трекера для Фазы-I.
4. Изготовление полномасштабной строу-станции для Фазы-I с новым видом строу-трубок.
5. Разработка и оптимизация метода калибровки кристаллов для калориметра, используемого в Фазе-I и Фазе-II СОМЕТ.
6. Сборка, испытания, установка и эксплуатация калориметра.
7. Выполнение полномасштабной программы научно-исследовательской работы по созданию системы CRV, позволяющей определить принципы и параметры ее построения. Изготовление, сборка, тестирование CRV для Фазы-I.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Участие в подготовке, инженерно-физическом запуске Фазы-I.
2. 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.
3. Завершение сборки, испытаний, калибровки, установки, испытаний космической и технического обслуживания 2-3 станций строу-детектора для Фазы-I.
4. Производство строу-трубок (около 1000 шт.) для полномасштабного прототипа.
5. Изготовление и сборка полномасштабной строу-станции в ОИЯИ с новыми трубками (12 мкм, 5 мм).
6. Подготовка для массового производства и испытания строу-трубок для Фазы-II.
7. Разработка и оптимизация метода калибровки кристаллов для калориметра СОМЕТ с учетом особенностей эксперимента: наличие магнитного поля и калориметра высокого разрешения.
8. Участие в сборке, монтаже, испытаниях космической и техническом обслуживании калориметра.
9. Участие в сборке и тестировании CRV для Фазы-I.
10. Участие в испытаниях пучком компонентов детектора для Фазы-I.
11. Моделирование комплексной детекторной системы (трекер, калориметр и т.д.).
12. Участие в инженерно-физических работах в Фазе-а.

Активности:

Наименование активности Лаборатория (Подразделение)	Руководители Ответственные от лаборатории	Статус
1. Т2К-II	Давыдов Ю.И.	R&D Реализация
ЛЯП	Артиков А.М., Баранов В.Ю., Бойков А.В., Васильев И.И., Глаголев В.В., Демин Д.Л., Киричков Н.В., Кисеева В.И., Колесников А.О., Красноперов А.В., Малышев В.Л., Попов Б.А., Суслов И.А., Терещенко В.В., Терещенко С.В., Хомутов Н.В., Шайковский А.В.	
ЛТФ	Козлов Г.А.	
2. Эксперимент Mu2e	Давыдов Ю.И.	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., Малышев В.Л., Сазонова А.В., Суслов И.А., Терещенко В.В., Терещенко С.В., Шалюгин А.Н.	
ЛТФ	Казаков Д.И., Козлов Г.А.	

3. Эксперимент MEG-II**Хомутов Н.В.**Набор данных
Обработка данных

ЛЯП

Афанасьев К.Г., Давыдов Ю.И., Кравчук Н.П.,
Колесников А.О., Крылов В.А., Кучинский Н.А.,
Малышев В.Л., Рождественский А.М.**4. «Нейтронная платформа ЦЕРН»****Попов Б.А.**Набор данных
Обработка данных

ЛЯП

Атанов Н.В., Колесников А.О., Красноперов А.В.,
Любушкин В.В., Малышев В.Л., Терещенко В.В.,
Терещенко С.В.**Сотрудничество по теме:****Страна или
международная
организация****Город****Институт****Статус****Участники**

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Минск	БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Коваленко М.Н. + 5 чел.
		ИФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Орлович В.А. Шёлковый Д.В. + 4 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Мисевич О.В. Лобка А.С. + 3 чел.
		НПЦ НАНБ по материаловедению	Совместные работы и обмен визитами	Желудкевич А.Л. + 5 чел.
Болгария	София	SU	Совместные работы	Чижев М.В.
Великобритания	Дидкот Лондон	RAL Imperial College	Совместные работы Совместные работы	Кларк Д. + 4 чел. Кларк Д. + 4 чел. Учида Йоши + 6 чел.
Германия	Дрезден	TU Dresden	Совместные работы	Зурб К. + 4 чел.
Грузия	Тбилиси	GTU HEPI-TSU	Совместные работы Совместные работы	Ломидзе Д. + 6 чел. Девидзе Г. + 4 чел. Чохели Д.Ш.
Италия	Пиза	UG INFN	Совместные работы Совместные работы	Гогилидзе С. + 2 чел. Бедески Ф. Беллетини Дж. + 1 чел.
	Фраскати	UniPi INFN LNF	Совместные работы Совместные работы	Балдини А. Мишетти С. Сарра И. Хаппачер Ф.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Здоровец М. + 3 чел.
Россия	Москва Москва, Троицк	ФИАН ИЯИ РАН	Совместные работы Совместные работы	Данилов М.В. Джилкибаев Р.М. Куденко Ю.Г. Матушко В.Л. Минеев О.В. Хабибуллин М.М. Хотянцев А.Н.
	Новосибирск	ИЯФ СО РАН НГУ	Совместные работы Совместные работы	Григорьев Д. + 6 чел. Бондар А. + 6 чел.
США	Батавия	Fermilab	Соглашение	Бернстайн Р. Глензинский Д. Кучке Р. Мукерджи А. Мурат П. Уитмор Дж. Чирхард Р.

	Лемонт	ANL	Совместные работы	Оксузян Ю.
	Пасадена	Caltech	Совместные работы	Хитлин Д. + 3 чел.
	Шарлотсвилл	UVa	Совместные работы	Групп К. Дукес С. Почанич Д.
Франция	Париж	IN2P3 LPTHE	Совместные работы	Капуста Ф. + 4 чел.
Чехия	Прага	CU	Совместные работы	Гиганти К.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Фингер М. + 4 чел.
	Цюрих	ETH	Совместные работы	Ритт Ш.
Япония	Осака	Osaka Univ.	Совместные работы	Сгалаберна Д. + 5 чел.
	Токай	JAEA	Совместные работы	Куно Ю. + 14 чел.
	Токио	UT	Совместные работы	Мацубара Ц. + 1 чел.
	Фукуока	Kyushu Univ.	Совместные работы	Мори Т.
	Цукуба	KEK	Совместные работы	Тожо Дж. + 8 чел. Михара С. + 18 чел.

**Ядерная
физика
(03)**

Нейтронная ядерная физика

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

Участвующие страны и международные организации:

Азербайджан, Албания, Армения, Беларусь, Болгария, Ботсвана, 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 «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» (03-4-1128-2017/2023). 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:

1. Исследование нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами, получение ядерных данных.
2. Исследование фундаментальных свойств нейтрона, физика ультрахолодных и очень холодных нейтронов.
3. 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 «TANGRA») и одного научно-технического («Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры»). Работы по разработке концепции источника УХН на импульсном реакторе планируются выделить в отдельную активность.

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций (TANGRA - Tagged Neutrons and Gamma Rays)	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
1. Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций (TANGRA - Tagged Neutrons and Gamma Rays) ЛНФ	Копач Ю.Н. Грозданов Д., Ской В.Р., Третьякова Т.Ю., Федоров Н.А., Храмко К., Швецов В.Н.	Модернизация Набор данных Анализ результатов

ЛФВЭ

Алексахин В.Ю., Замятин Н.И., Зубарев Е.В., Сапожников М.Г., Слепнев В.М., Рогов Ю.Н., 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:

1. Выполнение экспериментов по исследованию угловых распределений рассеянных нейтронов.
2. Экспериментальное исследование (n,γ) и (n',γ) -корреляций.
3. Теоретическое описание исследуемых реакций.
4. Проведение экспериментов по исследованию реакции $(n,2n)$.
5. 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:

1. Измерения полных и дифференциальных сечений характеристических гамма-линий для различных элементов с помощью детекторов γ -квантов высокого разрешения.
2. Разработка экспериментальной установки для исследования (n',γ) корреляций и выполнение тестовых измерений.
3. Выполнение части экспериментальной программы по разработке и верификации методики по измерению концентраций углерода в почве.
4. Выполнение моделирования установки для измерений концентрации углерода в почве с целью разработки метода глубинного профилирования концентраций макроэлементов.

2. Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры

ЛНФ

Дорошкевич А.С.

Зайцев И.А., Зеленьяк Т.Ю., Исаев Р.Ш., Копач Ю.Н., Лихачёв А.Н., Семенов В.Н., Студнев К.Е., Ткаченко С.Н., Удовиченко К.Н., Чепурченко И.А.

Модернизация Набор данных Анализ результатов
--

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, интенсификация 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 100 мкА), 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 $(n, p) / (\alpha, n)$ 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.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

- сертификация и ввод в эксплуатацию ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальных залов в тестовом режиме;
- замена утратившей рабочие характеристики высоковольтной ускорительной трубки и источника ионов;
- достижение тока ионного пучка свыше 100мкА;
- улучшение и настройка параметров ионной оптики ускорителя ЭГ-5 (перенастройка с режима фокуссатора на конденсор);
- модернизация и автоматизация газобаллонного хозяйства, адаптация технологической схемы;
- модернизация вакуумной системы;
- автоматизация всех сервисных систем ускорителя;
- запуск лаборатории для инжиниринга и исследования образцов методами, комплементарными ионно-лучевым;
- формирование кадрового потенциала группы;
- выполнение технических проектов, в частности, проекта с АО «Микрон» «Проведение подготовительных работ, включая изготовление системы развертки ионного пучка в растр, так же тестовой электронно-лучевой обработки и испытаний с использованием импедансной спектроскопии полупроводниковых пластин диаметром 150 мм в

количестве до 20 шт.», технического проекта с Госкорпорацией «РОСАТОМ» «Исследование зависимости чувствительности устройства УДКН-04Р от энергии нейтронов», проекты с АО «Ангстрем» и др.

3. Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона

Швецов В.Н.
Седышев П.В.

Модернизация
Набор данных
Анализ результатов

ЛНФ

Алексеенок Ю.В., Асыллова А., Бадави В.М., Байгунов И.А., 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., Еник Т.Л., Ергашов А., Жерненков К.Н., Захаров М.А., Зейналов Ш.С., Зеленьяк Т.Ю., Зиньковская И., Каюков А.С., Кириллов А.К., Кузнецов В.Л., Куликов О.-А., Кулин Г.В., Кхьонг Т.Т., 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., Музыка 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 Лыонг Туан, 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., + 60 инженеров, + 2 рабочих

ЛФВЭ

Сумбаев А. П. + 3 инженера

Краткая аннотация и научное обоснование:

Ядерные процессы и структурные изменения в материалах, индуцированные медленными, резонансными и быстрыми нейтронами и ускоренными заряженными частицами, традиционно исследуются в ЛНФ ОИЯИ. Взаимодействие нейтронов с атомными ядрами представляет интерес как для фундаментальных, так и для прикладных исследований.

Комплексное использование базовых установок ЛНФ – импульсного источника резонансных нейтронов ИРЕН, импульсного реактора ИБР-2 и электростатического генератора ЭГ-5 – позволяет проводить широкий спектр ядерно-физических исследований в широком диапазоне энергий нейтронов – от холодных нейтронов до ~14 МэВ, а использование внешних источников нейтронов, таких как n_{TOF} (ЦЕРН), позволяет расширить диапазон энергий до нескольких сот МэВ. Фундаментальные исследования, проводимые в Отделении ядерной физики ЛНФ, включают нарушение пространственной и временной симметрии, изучение механизма ядерных реакций, структуры атомных ядер, процессов деления, индуцированных нейтронами, нейтронно-индуцированных реакций с вылетом легких частиц, свойств нейтрона как элементарной частицы, свойств ультрахолодных и очень холодных нейтронов, квантово-механических эффектов с участием нейтронов.

В ЛНФ также были разработаны исследовательские программы для прикладных исследований, таких как получение ядерных данных и информации о радиационной стойкости материалов для ядерных технологий, энергетики и трансмутации, радиационный мутагенез на быстрых нейтронах, нейтронно-активационный анализ на тепловых и эпитепловых нейтронах, нейтронно-активационный анализ на мгновенных гамма-квантах, элементный анализ с использованием нейтронных резонансов, элементный анализ на быстрых нейтронах, анализ элементного состава тонких пленок, исследование радиационной стойкости материалов к воздействию ускоренных заряженных частиц на пучках электростатического ускорителя, разработка радиационно-стойких наноструктурированных материалов с использованием пучков ускоренных ионов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Уточнение характеристик известных резонансов, обнаружение ранее неизвестных. Измерение сечений реакций и корреляций продуктов в резонансной области с точностью, достаточной для исследования Р- и Т-нечетных эффектов.
2. 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.
3. Проведение экспериментальных и теоретических исследований нейтрон-ядерных реакций в широком диапазоне энергий налетающих частиц.

4. Исследование картины нестационарной дифракции нейтронов на поверхностных акустических волнах. Проверка справедливости общепринятых законов нейтронной оптики в случае больших ускорений.
5. Развитие моделей расчета транспорта ОХН и ХН в материале наноалмазных отражателей и расширение области их применимости на диапазон тепловых нейтронов.
6. Изучение структуры графитов после их интеркалирования и измерение сечений рассеяния холодных нейтронов интеркалированными графитами.
7. Получение данных для ядерной энергетики и астрофизики: измерение интегральных и дифференциальных нейтронных сечений, угловых корреляций в области энергии от холодных нейтронов до сотен МэВ.
8. 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.
9. Разработка с использованием порошковых нанотехнологий и ионных пучков приборов энергетики и электроники.
10. Получение новых данных и мониторинг экологической обстановки в отдельных регионах стран-участниц ОИЯИ с помощью НАА.
11. Исследование влияния нейтронного облучения на свойства живых биологических объектов и тканей.
12. Исследование слоистых структур, в том числе, высокотемпературных сверхпроводников с помощью методик RBS, ERD и PIXE.
13. Выполнение элементного анализа различных объектов культурного наследия.

Ожидаемые методические результаты:

1. Развитие методики нейтронной спиновой интерферометрии с УХН.
2. Определение оптимальных технологий синтеза и модификаций веществ для использования в качестве отражателей УХН и ХН.
3. Разработка методов очистки вод и почв, оценки качества продуктов питания.
4. Изучение процессов накопления наночастиц в органах животных и растений, оценка их влияния на здоровье изучаемых живых объектов.
5. Разработка методики неразрушающего элементного анализа на мгновенных гамма-квантах. Усовершенствование существующих методик активационного анализа на тепловых и резонансных нейтронах.
6. Выполнение работ по созданию электроники 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 Р- и Т-нечетных эффектов даст информацию о величине вклада слабого взаимодействия в ядерные силы и может служить альтернативным методом определения коэффициента смешивания Vud СКМ-матрицы. Получение новой информации о ROT и TRI-эффектах, а также экзотических модах деления позволит прояснить особенности одного из этапов этого процесса - разрыва делящегося ядра на фрагменты. Данные, полученные при выполнении нейтронно-оптической части проекта, будут необходимы для создания новых замедлителей и отражателей нейтронов. Кроме того, они позволят существенно продвинуться в разработке методов нейтронной микроскопии и исследованиях магнитной структуры различных объектов.

Выполнение прикладной программы проекта будет иметь важное социальное значение и способствовать прогрессу экологических, материаловедческих, археологических и нанотехнологических исследований, а также перспективных разработок в области современной электроники и энергетики. Создаваемые и модернизируемые методики элементного и структурного анализа будут востребованы во многих отраслях человеческой деятельности.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Подготовка к измерениям Р- и Т-нарушающих эффектов на установке ИРЕН. Выполнение тестовых экспериментов по исследованию угловых распределений гамма-квантов резонансного захвата.
2. Модернизация установки ЭНГРИН и измерение множественности мгновенных нейтронов деления и массово-энергетических распределений продуктов реакции $^{235}\text{U}(n_{\text{res}},f)$ с большей точностью.
3. Создание прототипа установки для измерений угловых корреляций в окрестностях р-волновых резонансов на среднетяжелых и тяжелых ядрах на 4-ом канале установки ИРЕН: расчет и создание защиты, определение параметров пучка, проведение тестовых измерений.
4. Реконструкция большого жидкостного сцинтилляционного детектора на пролетной базе 60 м установки ИРЕН.

5. Определение элементного состава ряда археологических образцов методом нейтронного резонансного анализа на установке ИРЕН.
6. Закупка материалов и оборудования для создания установки по исследованию ROT-эффекта на канале №1 реактора ИБР-2. Выполнение тестовых измерений угловых распределений мгновенных нейтронов и гамма-квантов, испускаемых при делении ядер урана.
7. Получение результатов эксперимента по поиску истинного и псевдочетверного деления ^{252}Cf . Начало проекта по модернизации установки с использованием более совершенных детекторов Timerix3.
8. Создание компактного сцинтилляционного детектора с использованием микропиксельного лавинного фотодиода.
9. Проведение измерений сечения реакций $^6\text{Li}(n,\alpha)$ и $^{148}\text{Sm}(n,\alpha)$ на быстрых нейтронах.
10. Выполнение измерения коэффициента асимметрии «вперед-назад» в реакции (n,p) для ^{35}Cl – в резонансной области энергий.
11. Проведение измерений сечения реакций (n,p) и (n,α) реакции на газовых образцах (азот, неон).
12. Оценка атмосферных выпадений тяжелых металлов в странах-участниках ОИЯИ.
13. Создание новых методов ремедиации почв и сточных вод.
14. Новые результаты по исследованию влияния наночастиц металлов и нейтронного излучения на живые организмы.
15. Исследование возможности постановки нового эксперимента с УХН для проверки слабого принципа эквивалентности с точностью на уровне 10^{-4} .
16. 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).
17. Завершение исследований водородосодержащих примесей во фторированных наноалмазах (ФДНА).
18. Проведение исследований радиационной стойкости ФДНА, оксидных, металлических и высокоэнтропийных соединений.
19. Измерение сечений нейтронного рассеяния на порошке ДНА в зависимости от его плотности, а также на фторированном интеркалированном графите.
20. Завершение работы над концепцией источника УХН на импульсном реакторе периодического действия в рамках заявленной «Активности».
21. Получение мутантов для селекции устойчивых к засухе и засолению почв сортов риса и пшеницы.
22. Разработка приборов гомогенной электроники и адсорбционной энергетики для критических и перспективных строительных технологий.

Активности:

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

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 наполнения 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 проекта:

Создание концептуального проекта источника ультрахолодных нейтронов (УХН) на импульсном реакторе.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Создание проекта флиппера-замедлителя нейтронов с передачей энергии порядка мкэВ.
2. Выбор конструкции быстрого затвора, обеспечивающего импульсный режим наполнения ловушки УХН, и минимально воздействующего на плотность хранящихся в ловушке нейтронов.
3. Анализ возможных вариантов конвертера-замедлителя УХН обеспечивающего наибольшую плотность потока УХН при нужной длительности импульса.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Азербайджан	Баку	БГУ	Совместные работы	Гаджиева С.Р.
		ИГТ НАНА	Совместные работы	Алиев Ч.С. Гусейнов Д.А.
		ИРП НАНА	Совместные работы	Самедов О.А.
Албания	Тирана	УТ	Совместные работы	Лазо П. + 3 чел.
Армения	Ереван	НИЦИКН	Совместные работы	Симонян А.Е. Ханзатян Г.А.
Беларусь	Минск	БГУ	Совместные работы	Ксеневиц В.К. + 3 чел.
		НИИ ЯП БГУ	Совместные работы	Максименко С.А. + 2 чел.
		НПЦ НАНБ по материаловедению	Совместные работы	Игнатенко О.В. + 4 чел.
Болгария	Пловдив	РУ	Совместные работы	Балабанов Н. + 2 чел. Маринова С. + 3 чел.
		UFT	Совместные работы	Ангелов А. + 5 чел.
	София	IE BAS INRNE BAS	Совместные работы Совместные работы	Аврамов Л. Русков И. + 4 чел. Русков Т. Стоянов Ч. + 2 чел.
Ботсвана	Палапые	BIUST	Совместные работы	Хиллхауз Г. + 1 чел.
Венгрия	Будапешт	RKK OU	Совместные работы	Мезарос-Балинт А.
Вьетнам	Ханой	IOP VAST	Совместные работы	Ле Хонг Кхьем + 2 чел.
		VNU	Совместные работы	Фам Динг Кнанг + 5 чел.
		JGU	Совместные работы	Рис Д.
Германия	Майнц	TUM	Совместные работы	Кленке Й.
Грузия	Тбилиси	AIP TSU	Совместные работы	Джапаридзе Г. + 4 чел.
		TSU	Совместные работы	Сапожникова Н.А. 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	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.	
Китай	Астана	ЕНУ	Совместные работы	Омарова Н. + 5 чел.
	Кызылорда	КазНИИР	Совместные работы	Дуйсембеков Б.А.
	Пекин	PKU	Соглашение	Чжан Гуахуэй
	Сиань	NINT	Совместные работы	Сун Чжаохуэй + 3 чел.
Куба	Гавана	УН	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.	
Монголия	Улан-Батор	ИХ	Совместные работы	Чокырлан А.Г.
		CGL	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.
Республика Корея	Пхохан	UO	Совместные работы	Ясиньская Б. + 7 чел.
		NCBJ	Совместные работы	Вацлавек М. + 5 чел.
		AMU	Совместные работы	Мияновский С.
		Совместные работы	Поланский А. + 2 чел.	
Россия	Сеул	PAI	Совместные работы	Блащак З. + 4 чел.
		Dawonsys	Совместные работы	Навроцик В. + 4 чел.
Россия	Архангельск	КАЕРИ	Совместные работы	Ким Г. + 3 чел.
		САФУ	Совместные работы	Ким Донг Су
	Борок	ИБВВ РАН	Совместные работы	Чанг Д.
		СОГУ	Совместные работы	Есеев М.К.
	Воронеж	ВГУ	Совместные работы	Цельмович В.А. + 2 чел.
			Совместные работы	Лабриненко Ю.В.
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	Тваури И.В.
			Совместные работы	Вахтель В.М.
	Грозный	ЧГПУ	Совместные работы	Кадменский С.Г. + 3 чел.
			Совместные работы	Воробьев А.С. + 3 чел.
Долгопрудный	МФТИ	Совместные работы	Воронин В.В. + 10 чел.	
		Соглашение	Оказова З.П.	
Донецк	ДонФТИ	Совместные работы	Рогачев А.В.	
		Совместные работы	Шалаев Р.В.	
Дубна	Гос. ун-т «Дубна»	Совместные работы	Моржухина С.В. + 5 чел.	
		Соглашение	Сеннер А.Е. + 3 чел.	
Екатеринбург	Диамант	Соглашение	Реунов П.П.	
		Совместные работы	Кружалов А.В. + 5 чел.	
Иваново	УрФУ	Совместные работы	Гриневич В.И.	
		Совместные работы	Дунаев А.М.	
Ижевск	УдГУ	Совместные работы	Бухарина И.Л.	
		Совместные работы	Зубцовский Н.	
Иркутск	ЛИН СО РАН	Совместные работы	Ходжер Т.В.	
		Совместные работы	Родионова В.В.	
Калининград	БФУ им. И.Канта	Совместные работы		
		Совместные работы		

Москва	«СНИИП»	Соглашение	Ткачев С.В.	
	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.	
	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.
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Чувильский Ю.М. + 1 чел.
			Соглашение	Третьякова Т.Ю. + 2 чел.
	НИТУ «МИСиС»	Соглашение	Лагов П.Б.	
	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	Салашенко 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.	
Тула	ТулГУ	Совместные работы	Волкова Е.М.	
Румыния	Бая-Маре	TUCN-NUCBM	Тодоран Р. + 3 чел.	
	Бухарест	IFIN-NN	Гита Д.	
			Дима О.	
			Михай О.	
			Пантелика А. + 3 чел.	
			Сетнеску Р.	
			Дулиу О.	
			Мирела М. + 5 чел.	
			Груя И.	
			Дулиу О.	
			Жила А.	
			Лазану И.	
			Тудора А.	
	IGR	Совместные работы		
	INCDIE ICPE-SA	Совместные работы		
	UB	Совместные работы		

		UPB	Совместные работы	Фикай 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.
		NIMP	Совместные работы	Бадика П. + 6 чел. Станкулеску А. + 4 чел.
	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. Чисеа Д. + 8 чел.
	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	Кармен М. + 5 чел.
Северная Македония	Скопье	UKiM	Совместные работы	Стафилов Т. + 3 чел.
Сербия	Белград	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	Хагъяй	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 CTU	Совместные работы Совместные работы	Кучера Я. + 2 чел. Штекл И. + 15 чел.
Швейцария	Ржеж	CVR	Совместные работы	Патрик М.
	Виллиген	PSI	Совместные работы	Лаусс Б. Шмидт-Веленбург Ф.
ЮАР	Беллвилл	UWC	Совместные работы	Петрик Л. + 5 чел.
	Претория	UNISA	Совместные работы	Софианос С.
Япония	Стелленбос	SU	Совместные работы	Безюденот Ж. + 3 чел.
	Киото	KSU	Совместные работы	Кимура И. + 3 чел.
	Цукуба	КЕК	Совместные работы	Масуда Я. + 5 чел.

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, 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. <i>Заместители:</i> Худоба В. Фомичев А. С.	03-5-1130-2-2024/2028

Проекты:

Наименование проекта Лаборатория (Подразделение)	Руководители проекта Ответственные от лаборатории	Статус
1. Исследование тяжелых и сверхтяжелых элементов ЛЯР	Иткис М.Г. Карпов А.В. Абакумов А.М., Абдуллин Ф.Ш., Абдусамadzода Д., Аксенов Н.В., Альбин Ю.В., Астахов А.А., Богачев А.А., Бодров А.Ю., Божиков Г.А., Бубликова Н.С., Вакатов В.И., Веденев В.Ю., Воинов А.А., Воронюк М.Г., Востокин Г.К., Воробьев И.В., Гольцман А.И., Гуляев А.В., Гуляева А.В., Девараджа Х.М. Д., Дмитриев С.Н., Еремин А.В., Зубарева А.М., Ибадуллаев Д., Изосимов И.Н., Исаев А.В., Иткис Ю.М., Катрасев Д.Е., Княжева Г. Н., Коврижных Н.Д., Когоут П., Когоутова А., Козулин Э.М., Козулина Н.И., Комаров А.Б., Красноярова Е.В., Крупа Л., Кузнецов Д.А., Кузнецова А.А., Куркова Н.Ю., Мадумаров А.Ш., Малышев О.Н., Муравьев И.В., Мухин Р.С., Новиков К.В., Новоселов А.С., Опихал А., Петрушкин О.В., Пицальникова Е.В., Подшибякин А.В., Попеко А.Г., Попов Ю.А., Поробанюк Л.С., Поляков А.Н., Пчелинцев И.В., Рачков В.А., Родин А.М., Рыхлюк А.В., Сабельников А.В., Савельева Е.О., Сагайдак Р. Н., Сайко В., Сайлаубеков Б., Саламатин В.С., Сатян С., Свирихин А.И., Сокол Е.А., Соловьев Д.И., Стародуб Г.Я., Субботин В.Г., Тезекбаева М., Тихомиров Р.С., Утенков В.К., Цыганов Ю.С., Челноков М.Л., Чепигин В.И., Чернышева Е.В., Чупраков И., Шумейко М.В., Юхимчук С.А.	Реализация

Краткая аннотация и научное обоснование:

Проект направлен на комплексное исследование тяжелых ядер и атомов: постановка экспериментов по синтезу элементов с $Z=119$ и 120 , синтез новых изотопов сверхтяжелых элементов, исследование ядерных (спектроскопия) и химических свойств сверхтяжелых элементов, изучение динамики ядерных реакций, включая реакции многонуклонных передач, ведущих к образованию нейтроноизбыточных тяжелых ядер.

Проект будет в основном выполняться на Фабрике сверхтяжелых элементов ОИЯИ, введенной в эксплуатацию в 2020 году. Исследование динамики ядерных реакций будет проводится на ускорительном комплексе У-400, а после завершения его модернизации исследования продолжатся на У-400Р.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Синтез новых сверхтяжелых элементов 119 и 120.
2. Исследование химических свойств СТЭ.
3. Синтез и изучение характеристик распада сверхтяжелых ядер.
4. Исследование химических свойств сверхтяжелых элементов.
5. Спектроскопия радиоактивного распада тяжелых и сверхтяжелых ядер.
6. Первые эксперименты по измерению масс сверхтяжелых ядер.
7. Исследования динамики ядерных реакций с тяжелыми ионами.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. 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.
2. Проведение тестовых экспериментов для синтеза элементов с $Z>118$.
3. Проведение экспериментов по изучению свойств радиоактивного распада (α -, β -распад, свойства спонтанного деления) короткоживущих изотопов с $Z>100$ (No, Rf, Sg), образующихся в реакциях с ионами Ne, Ca, Ti, Cr, на сепараторах SHELS и GRAND (ГНС-3) с использованием детектирующих систем GABRIELA и SFINX.
4. Проведение экспериментов по изучению химических свойств Sn и Fl на Фабрике СТЭ.
5. Химическое обеспечение экспериментов по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов на Фабрике СТЭ.
6. Развитие технологии изготовления ускорительных мишеней из стабильных и радиоактивных изотопов, устойчивых при длительном облучении высокоинтенсивными пучками тяжелых ионов.
7. Развитие способов производства металлоорганических соединений титана и хрома для ускорения их ионов методом MIVOC.
8. Исследование массово-энергетических и угловых распределений фрагментов, образующихся в реакциях многонуклонных передач.
9. Исследование влияния свойств входного канала на массово-энергетические и угловые распределения фрагментов, образованных в реакциях с тяжелыми ионами.

2. Легкие экзотические ядра на границах нуклонной стабильности

ЛЯР

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

Реализация

Ажибеков А., Азнабаев Д., Алманбетова Е., Амер А., Батчулуун Э., Безбах А.А., Белогуров С.Г., Бутусов И.В., Вольски Р., Воронцов А.Н., Газеева Э.М., Головкин М.С., Горшков А.В., Горшков В.А., Григоренко Л.В., Ертаева Д., Исатаев Т., Исмаилова А., Клыгин С.А., Князев А.Г., Кононенко Г.А., Крупко С.А., Лукьянов С.М., Маслов В.А., Мауей Б., Мендибаев К., Молоторенко К.Д., Музалевский И.А., Никольский Е.Ю., Парфенова Ю.Л., Пеннионжквич Ю.Э., Рымжанова С.А., Середа Ю.М., Скобелев Н.К., Слепнев Р.С., Смирнов В.И., Соболев Ю.Г., Степанцов С.В., Стукалов С.С., Тер-Акопьян Г.М., 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 стиблена, а также системами регистрации заряженных частиц.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Изучение свойств изотопов легких ядер на границах стабильности.
2. Первые эксперименты с тритиевой мишенью.
3. Структура изотопов легких ядер на границе стабильности в реакциях (d,p) и (d,n), (t,p), (t,a), (p,d) и др.
4. Исследование экзотических видов распада, включая эмиссию 2n, 4n, 2p.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Изучение ядер, лежащих вблизи границ нуклонной стабильности. Постановка первого эксперимента ${}^6,8\text{He}+{}^4\text{He}$. Подготовка и проведение экспериментов на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА-2 с использованием радиоактивных пучков и криогенных мишеней H_2 , D_2 , ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$.
2. Изучение изотопов кислорода и фтора у границ нуклонной стабильности методом недостающей массы на установке МАВР.
3. Проведение экспериментов по измерению сечений отдельных каналов реакций на установке АКУЛИНА-1 с использованием спектрометра МУЛЬТИ.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Беларусь	Минск	ИЭ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Баев В.Г. + 1 чел.
Болгария	София	INRNE BAS	Соглашение	Тонев Д.В. + 3 чел.
Вьетнам	Ханой	IOP VAST	Совместные работы	Ли Хонг Хим + 1 чел.
	Хошимин	HCMUE	Соглашение	Хаи В.Х. + 1 чел.
Германия	Гейдельберг	MPIK	Соглашение	Блаум К. + 1 чел.
	Дармштадт	GSI	Соглашение	Шайденбергер К. + 3 чел.
			Совместные работы	Дикель Т. Першина В.
Индия	Калькутта	VECC	Совместные работы	Тилак Гош Кумар + 3 чел.
	Манипал	MU	Совместные работы	Гупта М. + 5 чел.
	Нью-Дели	IUAC	Совместные работы	Мадхаван Н. + 4 чел.
	Рупнагар	ИТ Ropar	Совместные работы	Синх П.П. + 5 чел.
	Рурки	ИТ Roorkee	Совместные работы	Маити М. + 5 чел.
Италия	Неаполь	Unina	Совместные работы	Вардачи Э. + 2 чел.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Бутербаев Н. +3 чел.
			Соглашение	Алимов Д.К. + 3 чел.
			Совместные работы	Бутербаев Н. +3 чел.
Китай	Ланьчжоу	IMP CAS	Соглашение	Лю З. + 4 чел.
			Совместные работы	Ган З. + 6 чел. Чин Ж. + 1 чел.
	Пекин	PKU	Совместные работы	Янлинь Й. + 1 чел.

Монголия	Улан-Батор	CGL	Соглашение	Балжинням Н. + 2 чел.
Республика Корея	Тэджон	IBS	Совместные работы	Парк Х.К. + 2 чел.
Россия	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	Шабает В.М. + 3 чел.
		ФТИ им. А.Ф.Иоффе	Совместные работы	Еремин В.К. + 1 чел.
	Саров	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-НН	Совместные работы	Борча К. + 2 чел.
Словакия	Братислава	SU	Совместные работы	Анталиц С. + 2 чел.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Айхлер Р. + 5 чел.
ЮАР	Претория	UNISA	Соглашение	Лекала М.Л. + 2 чел.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Соглашение	Джонс П. + 2 чел.
			Совместные работы	Принц Д.

Неускорительная нейтринная физика и астрофизика

Руководители темы: Якушев Е.А.
Розов С.В.

Участвующие страны и международные организации:

Бельгия, Великобритания, Германия, Италия, Россия, Словакия, США, Франция, Чехия, Швейцария, Япония.

Исследуемая проблема и основная цель исследований:

Поиск и изучение безнейтринной и двухнейтринной мод 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 КАЭС. 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. 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 методов и методик для 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. <i>Заместители:</i> 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. <i>Заместители:</i> 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. <i>Заместители:</i> Гусев К.Н. Рухадзе Н.И. Кочетов О.И. Розов С.В.	03-2-1100-3-2024/2028

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины	Философов Д.В. <i>Заместители:</i> Баймуханова А. Величков А.И. Гуров Ю.Б. Иноятов А.Х. Караиванов Д.В. Хушвактов Ж.Х.	Реализация НИОКР Изготовление Набор данных
ЛЯП	Баймуханова А. + 32 чел.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

Проект направлен на развитие методов ядерной спектроскопии и радиохимии, в том числе для астрофизики и нейтринной физики. Он включает в себя новые методики регистрации частиц, калибровок экспериментальных

установок, описание фона, создание уникально чистых материалов и т.п., а также развитие методов ядерной медицины: получение и очистка радиоизотопов, разработка и синтез радиофармпрепаратов, исследование механизмов воздействия на вещество в локациях распада радионуклидов и др.

Конкретные области:

1. Новые детекторы (полупроводниковые детекторы, жидкие и пластмассовые органические сцинтилляторы, композиционные сцинтилляционные системы регистрации, детекторы нейтронов и радона и др.).
2. «Постраспадная» спектроскопия электронов и других излучений с акцентом на предельно низкие энергии.
3. Традиционная гамма-спектроскопия на полупроводниковых детекторах (ППД), с акцентом на прецизионность определения энергии излучений и активностей источников (как точечных, так и объемных) в целях изучения мод распада и определения сечений ядерных реакций.
4. Применение методов сверхтонких взаимодействий (СТВ) с использованием радиоактивных меток, а именно метода возмущенных угловых корреляций (ВУК) и эмиссионной моды Мессбауэровской спектроскопии для изучения радиофармпрепаратов и их прекурсоров в водосодержащих системах и других матриц.
5. Разработка методов получения и очистки радионуклидных препаратов для синтеза радиофармпрепаратов, в том числе развитие генераторных способов их получения, развитие физико-химических методов оценки свойств радионуклидов и радиофармпрепаратов (их прекурсоров) в гомогенных и гетерогенных системах.
6. Разработка и применение методов и методик для получения и анализа низкофонового материалов с уникально низким содержанием радиоактивных примесей, в том числе применение метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой МС-ИСП, а также других аналитических и ядерно-спектроскопических методов.

Использование методов ядерной спектроскопии и радиохимии при изучении свойств нейтрино, поиске частиц темной материи, исследованиях редких и других физических процессов твердо и заслуженно зарекомендовано в многочисленных экспериментах, проводимых по данным тематикам фундаментальной физики. Тоже самое можно сказать и об их роли в ядерной медицине. Таким образом, актуальность данной тематики несомненна. Залогом научной новизны проекта, является его нацеленность на разработку методик и методов, позволяющих расширить горизонт заявленных целевых экспериментов, проводимых в ЛЯП ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Новые детекторы:
 - разработка и применение детекторов на основе карбида кремния (SiC) для регистрации ядерных излучений. SiC-детекторы, обладающие высокой радиационной стойкостью и работоспособностью при высоких температурах $> 400^{\circ}\text{C}$, планируется использовать для контроля работы сильноточных ускорителей, ядерных реакторов, а также для диагностики горячей плазмы;
 - разработка и исследование жидких теллуродержащих сцинтилляторов для поиска двойного безнейтринного β -распада, а также других типов жидких и пластмассовых сцинтилляторов;
 - разработка композиционных сцинтилляционных систем регистрации для нейтринных экспериментов;
 - разработка и применение ^3He -счетчиков для регистрации низких потоков нейтронов (менее $10^{-6} \text{ n} \times \text{cm}^{-2} \times \text{s}$), разработка компактного чувствительного детектора радона, разработка технологии изготовления низкорadioактивных деталей с использованием 3D-печати.
2. 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.
3. Разработка методики 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. Изучение мод распада широкого круга радионуклидов, их содержания в образцах (^{96}Zr , ^{40}K , ^{138}La и др.) для изучения редких процессов.
4. Совершенствование методов возмущенных угловых корреляций (ВУК) и Мессбауэровской спектроскопии (эмиссионная мода) с использованием радиоактивных меток ^{111}In , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{119}Sb , $^{119\text{m}}\text{Sn}$, ^{57}Co , ^{161}Tb и др., для изучения радиофармпрепаратов и их прекурсоров (составных частей) в водосодержащих системах, а также других матриц, развитие физико-химических методов оценки свойств радионуклидов и радиофармпрепаратов в гомогенных и гетерогенных системах.
5. Радиохимия и ядерная медицина – исследование сорбционных процессов для различных систем раствор-сорбент как химическую основу методик очистки радиофармпрепаратов (как, впрочем, и очистки низкофонового материалов) и приготовления радионуклидных генераторов для производства радиофармпрепаратов;

- разработка методов 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;
 - разработка методик мечения радионуклидами радиофармпрепаратов на основе хелаторов с «медленной» кинетикой, исследование проблемы хелатирования радия.
- б. Разработка и реализация методов получения образцов (^{82}Se , ^{96}Zr , материалы защиты, припой и т.п.) для астрофизических и нейтринных задач на новом ультранизком уровне содержания примесей (от мБк/кг к мкБк/кг по Th и U). Основные подходы к решению обозначенных задач: применение противоточной хроматографии, низкокипящих и других подготовленных либо отобранных реагентов, использование отобранных и подготовленных материалов реакторов;
- разработка и реализация методов 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, разработка методик прецизионного определения химического и изотопного составов веществ – материалов, используемых в астрофизических и нейтринных экспериментах.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Новые детекторы:
 - результаты тестов образцов новых детекторов на основе карбида кремния (SiC) для регистрации ядерных излучений;
 - параметры новых, разработанных и созданных в ОИЯИ, жидких теллуросодержащих сцинтилляторов;
 - результаты г&d для композиционных сцинтилляционных систем регистрации для нейтринных экспериментов нового поколения; Создание прототипа вспомогательного детектора для больших реакторных экспериментов;
 - разработка ^3He -счетчика с низким собственным фоном, результаты тестов в Дубне и подземной лаборатории;
 - технология изготовления деталей из отобранного низкорadioактивного нейлона с использованием 3D-печати.
2. Установление способов спектрометрии постраспадных фотонов (от края инфракрасного излучения до мягкого рентгеновского) в области энергий 1-200 эВ.
3. Определения выходов фотоядерных реакций, уточнение мод распада широкого круга радионуклидов, их содержания в образцах (^{96}Zr , ^{40}K , ^{138}La и др.) для изучения редких процессов.
4. Модернизация спектрометров ВУК и запуск в ОИЯИ новых установок для Мессбауэровской спектроскопии (эмиссионная мода) с использованием радиоактивных меток ^{111}In , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{119}Sb , $^{119\text{m}}\text{Sn}$, ^{57}Co , ^{161}Tb и др..
5. Радиохимия и ядерная медицина – результаты исследования сорбционных процессов для различных систем раствор-сорбент.
6. Разработка и реализация методов получения образцов (^{96}Zr) для астрофизических и нейтринных задач на новом ультранизком уровне содержания примесей;
 - начало реализации метода анализа образцов на ультранизком уровне чувствительности (от мБк/кг к мкБк/кг по Th и U) с использованием МС-ИСП.

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

Белов В.В. + 23 чел.

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 on-line 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), когерентного упругого рассеяния нейтрино (КРН) и других редких процессов. Спектрометр νGeN установлен под активной зоной реактора третьего энергоблока Калининской АЭС. Детектирование процессов рассеяния производится с помощью специально разработанного низкого порога, низкофонового германиевого детектора. С помощью систем из активной и пассивной защиты от фонового излучения достигается низкий уровень фона в области поиска редких событий. Регистрация искомым 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 2023 года планируется разместить установку вблизи исследовательского ядерного реактора института Лауэ-Ланжевена (ILL). В RICOCHET будут использованы два массива криогенных детекторов: CRYOCUBE (германиевые детекторы-боллометры, аналогичные используемым в эксперименте EDELWEISS) и Q-ARRAY (сверхпроводящий цинк).

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Основными целями эксперимента DANSS являются проверка гипотезы осцилляций реакторных антинейтрино в стерильное состояние и долгосрочный прецизионный мониторинг работы ядерного реактора с помощью измерения потока антинейтрино. В течение ближайших нескольких лет планируется создание усовершенствованной установки - DANSS-2. В результате модификации планируется улучшить энергетическое разрешение и увеличить объем детектора, что позволит повысить чувствительность эксперимента к стерильным нейтрино. Поиск осцилляций в легкое ($\Delta m_{14}^2 \sim 0,1-10$ эВ) стерильное нейтрино является одним из актуальных трендов фундаментальной нейтринной физики. Существование стерильного нейтрино могло бы объяснить ряд наблюдаемых противоречивых результатов, прежде всего, реакторную и галлиевую (анти)нейтринные аномалии и одновременно стать революционным открытием Новой Физики. Реакторные эксперименты на короткой базе (<30 м) имеют ряд конкурентных преимуществ в подобной области исследований: гигантский поток антинейтрино от самых интенсивных доступных искусственных источников (анти)нейтрино на Земле и малое расстояние от источника излучения, на котором предполагаемый осцилляционный паттерн еще не размыт. Стоит отметить, что спектрометр DANSS является лидером среди проектов подобного типа.

В результате выполнения эксперимента νGeN ожидается впервые зарегистрировать когерентное рассеяние антинейтрино от реактора, улучшить чувствительность к обнаружению магнитного момента нейтрино до уровня $(5-9) \times 10^{-12}$ мВ после нескольких лет измерений, что позволит значительно улучшить современное ограничение.

В эксперименте Ricochet, согласно разработанной и экспериментально проверенной модели фона, статистическая значимость регистрации КРН 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: продолжение измерений на установке DANSS, анализ данных измерений. Новые результаты на осцилляции в стерильные состояния. Проведение НИОКР по созданию DANSS-2. Разработка и финальная сборка DANSS-2 на Калининской атомной станции.

νGeN : проведение измерений в текущей конфигурации. Одновременно планируется разработка модернизации установки, включающая новое внутреннее вето, усовершенствование подъемного механизма для работы на более близком расстоянии к реактору, реконфигурация мюонного вето. Получение новых результатов по магнитному моменту и КРН.

Ricochet: ввод в эксплуатацию установки в ILL. Начало набора данных с германиевыми боллометрами, продолжение работ по усовершенствованию детекторов. Создание улучшенной Монте-Карло модели, на основе экспериментальных данных.

3. Ядерная спектрометрия для поиска и исследования редких явлений

Зинатулина Д.Р.

Заместители:

Гусев К.Н.

Рухадзе Н.И.

Кочетов О.И.

Розов С.В.

Белов В.В. + 24 чел.

Реализация Модернизация Набор данных
--

ЛЯП

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 EDELWEISS (Expérience pour DEtecter Les WIMPs En Site Souterrain). Первые четыре эксперимента решают задачи поиска и исследования безнейтринного двойного бета-распада. Эксперимент EDELWEISS направлен на поиск частиц темной материи.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Эксперимент LEGEND создан для поиска безнейтринного двойного бета ($0\nu\beta\beta$) распада ^{76}Ge . В LEGEND, как и в предшествующем эксперименте GERDA, используются открытые детекторы из германия, обогащенного изотопом ^{76}Ge , погруженные в жидкий аргон. Ультимативной целью проекта является достижение чувствительности по периоду полураспада $0\nu\beta\beta$ распада $^{76}\text{Ge} > 10^{28}$ лет (90% C.L.).

Программа демонстрационного модуля SuperNEMO включает прецизионные измерения двухнейтринного двойного бета распада $2\nu\beta\beta$, направлена на достижение наилучших ограничений на $0\nu\beta\beta$ для изотопа ^{82}Se .

Целью эксперимента MONUMENT является проведение измерений мюонного захвата на нескольких дочерних, по отношению к кандидатам на $0\nu\beta\beta$ распад, ядрах.

Целью текущих исследований, разработок и измерений в эксперименте EDELWEISS является достижение чувствительности, позволяющей регистрировать В-8 солнечные нейтрино по их когерентному упругому рассеянию на ядрах. Проект находится на этапе существенной модификации, когда старая установка, использовавшаяся с 2005 года, выводится из эксплуатации. Новой целью является создание установки с более низким уровнем фона, и шумов, с использованием новой генерации криосистем, что позволит своевременно выполнять НИОКР и новые поиски ТМ.

Спектрометр TGV будет использоваться для дальнейших исследований ЕСЕС 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:

Начало набора данных в крупномасштабном эксперименте LEGEND по поиску $0\nu\beta\beta$ -распада ^{76}Ge . НИОКР для аппаратных компонентов LEGEND-1000 (держатели детекторов, ASIC, система погружения детекторов, аргоновое veto и т.д.). Начало производства и тестирования новых детекторов из обогащенным Ge и монтажа установки LEGEND-1000 в базовой подземной лаборатории.

Набор калибровочных данных на спектрометре Демонстратор SuperNEMO. Набор данных по $0\nu\beta\beta$ - и $2\nu\beta\beta$ -распадам в ядре ^{82}Se . Завершение набора данных Демонстратора SuperNEMO в конфигурации без пассивной защиты. Установка пассивной защиты детектора (борированный парафин + борированная вода + низкофоновое железо). Установка вокруг детектора анти-радонового тента с нагнетанием под него воздуха очищенного от радона в антирадоновой фабрике.

Продолжение работ по проекту MONUMENT. Подготовка и проведение новой экспериментальной компании 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.

Существующая в подземной лаборатории LSM установка EDELWEISS будет выведена из эксплуатации. Одновременно, в эксплуатацию будет введена установка BINGO, в которую будут интегрированы детекторы EDELWEISS. Это продолжение синергии между двумя программами (Cupid-Mo и EDELWEISS). НИОКР по поиску природы и источников эксклюзивно фононных событий в болометрах. Продолжение прямого поиска частиц ТМ в области их малых масс.

Модернизация спектрометра TGV (детекторной части и электроники). Измерение на установке TGV обогащенного ^{106}Cd .

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Бельгия	Лёвен	KU Leuven	Совместные работы	Коколиус Т. + 1 чел.
Великобритания	Ковентри	Warwick	Совместные работы	Митра Ф. + 7 чел.
		Лондон	Imperial College	Совместные работы
		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.
Россия	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Алексеев И.Г. + 8 чел. Барабаш А.В. + 2 чел.
Словакия США	Братислава Айдахо-Фоллс Амхерст Кембридж, МА Остин Таскалуса Чапел-Хилл Эванстон	ФИАИ	Совместные работы	Данилов М.В. + 2 чел.
		CU	Совместные работы	Шимковиц Ф. + 4 чел.
		INEEL	Совместные работы	Кэффри Дж. + 2 чел.
		UMass	Совместные работы	Пинкни Х.Д. + 4 чел.
		MIT	Совместные работы	Формаджо Дж.А. + 10 чел.
		UT	Совместные работы	Цезарь Дж. + 3 чел.
		UA	Совместные работы	Островский И. + 2 чел.
		UNC	Совместные работы	Вилкерсон Дж. + 3 чел.
NU	Совместные работы	Фигероа-Феличиано Э. + 4 чел.		
Франция	Аннеси-ле-Вье Бордо Гренобль	LAPP	Совместные работы	Шабанн Э. + 6 чел.
		LP2I	Совместные работы	Пикемаль Ф. + 5 чел.
		CNRS	Совместные работы	Ламблин Дж. + 19 чел.
	Жив-сюр-Иветт Кан Лион	ILL	Совместные работы	Солднер Т. + 12 чел.
		Neel	Совместные работы	Бенуа А. + 1 чел.
		CEA	Совместные работы	Арменгауд Э. + 5 чел.
		LPC	Совместные работы	Депреомон Х. + 7 чел.
	Марсель Модан Орсе	UL	Совместные работы	Биллард Дж. + 20 чел. Гаскон Дж. + 13 чел.
		CPPM	Совместные работы	Дасто Дж. + 2 чел.
		LSM	Совместные работы	Варо Г. Гаскон Ж.
Чехия	Прага	CSNSM	Совместные работы	Марниерос С. + 18 чел. Саразин Х. + 10 чел.
		UP-S	Совместные работы	Джин Ю.
		CTU	Совместные работы	Штекл И. + 8 чел.
		CU	Соглашение	Воробель В. + 1 чел.
Швейцария	Виллиген Цюрих	IEAP CTU	Совместные работы	Балей К. + 1 чел.
		PSI	Совместные работы	Кнехт А. + 2 чел.
Япония	Осака Цуруга	UZH	Совместные работы	БAUDIS Л. + 2 чел.
		Osaka Univ.	Совместные работы	Номачи М.
		WERC	Совместные работы	Сузуки К.

**Физика
конденсированных
сред
(04)**

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, Куба, 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 апоптоз). Спектроскопия липид-белковых взаимодействий и вторичной структуры белков. Освоение низкочастотной рамановской спектроскопии.

Проект по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. НАНОБИОФОТОНИКА	Арзуманян Г.М. Маматкулов К.З.	04-4-1147-1-2024/2028

Проект:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. НАНОБИОФОТОНИКА	Арзуманян Г.М. Маматкулов К.З.	Набор данных Реализация
ЛНФ	Балашою М.	
ЛТФ	Осипов В.А.	
ЛИТ	Стрельцова О.И.	
ЛРБ	Душанов Э.	

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 характеристики 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 инструментом в выявлении вторичной структуры белков и чувствительна к липид-белковым взаимодействиям.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

- Измерения и характеристика 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.

3. Ап-конверсионная люминесценция на низкоразмерной платформе: исследования в зависимости от образца, температуры и длины волны лазерного возбуждения.
4. 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.
5. Моделирование липидно-белкового взаимодействия методами молекулярной динамики (MD) и теории функционала плотности (DFT).
6. Выявление механизмов и сигнальных путей фотоиндуцированного нетоза под действием УФ, видимого и ИК излучений. Идентификация первичных акцепторов фотоиндуцированного нетоза.
7. Характеризация результатов одновременного или последовательного воздействия лазерного излучения на двух разных длинах волн на интактные клетки нейтрофилов.
8. Рамановская спектроскопия сверхнизких частот $\sim 10 \text{ см}^{-1}$ при различных длинах волн возбуждения рамановского сигнала.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Измерения и анализ рамановских спектров графена, дисульфида молибдена, и гетероструктур ван-дер-Ваальса на их основе.
2. Начало исследований транспортных свойств низкоразмерных материалов в зависимости от энергии фотона лазерного возбуждения.
3. Детализация вторичной структуры белка в мембранных миметиках методом рамановской спектроскопии; моделирование методами молекулярной динамики и теории функционала плотности.
4. Идентификация первичных фотоакцепторов фото-индуцированного нетоза.

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.
		СОЛ инструменте	Совместные работы	Копачевский В.Дж. + 3 чел.
		НПЦ НАНБ	Совместные работы	Живулько В.Д.
		по материаловедению		
Вьетнам	Ханой	ЮР VAST	Совместные работы	
Египет	Каир	NRC	Совместные работы	Ибрагим М. + 3 чел.
Индия	Аиджал	MZU	Совместные работы	Бозе Мутукумаран + 2 чел.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Назаров К.
Куба	Гавана	СЕА	Совместные работы	Паес Амира
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	Совместные работы	Уралов А.И.

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

Исследования биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками

Руководители темы: Бугай А.Н.
Красавин Е.А.

Участвующие страны и международные организации:

Армения, Беларусь, Болгария, Вьетнам, Египет, Италия, Куба, Монголия, Россия, Румыния, Сербия, Словакия, Узбекистан, ЮАР.

Исследуемая 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 (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. Молекулярные, генетические и организменные эффекты действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками ЛРБ	Борейко А.В. Лобачевский П.Н.	Набор данных Реализация Моделирование
	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., Мельникова Л.А., Мельникова Ю.В., 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., Храмоко Т.С., Чаусов В.Н., Шамина Д.В., Шванева Н.В., Шипилова Е.А.	

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:

1. 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.
2. Исследовать кинетику репарации кластерных ДР ДНК в пострadiационный период в ядрах фибробластов кожи человека и радиорезистентных опухолевых клетках.
3. 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.
4. Исследовать количественные закономерности выживаемости нормальных и опухолевых клеток при облучении в условиях комбинации модификаторов репарации ДНК.
5. Изучить закономерности индукции точечных и структурных мутаций у клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* излучениями с разной ЛПЭ.
6. Изучить влияние гетерогенности клеточной популяции у гаплоидных дрожжей на радиационно-индуцированный мутагенез. Оценить мутагенез в различных фазах клеточного цикла.
7. Изучить влияние нарушения дыхания в результате повреждения митохондриальной ДНК на чувствительность к мутагенному действию излучения.
8. Исследовать механизм радиорезистентности и его влияние на радиационно-индуцированный мутагенез у дрожжевых мутантов.
9. Выполнить исследование радиационно-индуцированного мутагенеза и сопоставить выход хромосомных aberrаций в клетках китайского хомячка при максимальном и минимальном уровне мутагенеза в зависимости от времени экспозиции и ЛПЭ ускоренных ионов.
10. Провести анализ структурных нарушений в *hprt*-гене и их проекции на нарушения хромосомного аппарата клеток.
11. Выполнить исследование биологической эффективности протонных пучков методом mFISH.
12. Методом mFISH изучить биологическую эффективность низкоэнергетического рентгеновского излучения при облучении *in vitro* лимфоцитов крови человека.
13. Оценить вклад комплексных хромосомных aberrаций в биологическую эффективность плотноионизирующих излучений при облучении нормальных и опухолевых клеток человека *in vitro*.
14. Выполнить исследование первичных и отдаленных морфологических и функциональных изменений в центральной нервной системе крыс при действии излучений с различными физическими характеристиками.
15. Провести исследования средств фармакологической защиты при воздействии ионизирующих излучений.
16. Провести исследование влияния излучений с различной ЛПЭ на патогенез в органах и тканях организма мелких лабораторных животных.
17. Исследовать активацию микроглиальных клеток в культуре клеток и маркеров воспаления в мозге мышей при действии ионизирующих излучений разного качества.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.

22. 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:

1. Продолжить анализ закономерностей формирования и репарации кластерных двунитевых разрывов ДНК при действии ускоренных заряженных частиц и фотонного излучения в ядрах фибробластов человека, опухолевых клетках (U87, V16) и нейронах различных отделов центральной нервной системы животных.
2. Продолжить анализ закономерностей формирования и структуры сложноорганизованных кластерных повреждений ДНК методом иммуноцитохимического окрашивания белков репарации γ H2AX, 53BP1, OGG1, XRCC1 в ядрах фибробластов человека и в опухолевых клетках (U87, V16) при действии ускоренных заряженных частиц и фотонного излучения.
3. Продолжить изучение закономерностей индукции апоптоза в фибробластах кожи человека, в опухолевых клетках (U87, V16) и в нейронах ЦНС млекопитающих при действии ускоренных заряженных частиц и фотонного излучения.
4. Исследовать закономерности и механизмы радиосенсибилизирующего действия арабинозидцитозина в комбинации с различными молекулярно-биологическими комплексами на выживаемость и формирование и элиминацию повреждений ДНК в нормальных и опухолевых клетках *in vivo* и *in vitro* при действии ускоренных заряженных частиц и фотонного излучения.
5. Продолжить изучение закономерностей индукции структурных перестроек в клетках дрожжей при действии излучений с разной ЛПЭ.
6. Исследовать влияние гетерогенности популяции дрожжевых клеток на чувствительность к летальному и мутагенному действию ионизирующего излучения.
7. Исследовать влияние различных путей репарации на радиационно-индуцированный мутагенез у низших эукариот.
8. Продолжить исследование влияния повреждений митохондриальной ДНК на радиочувствительность и мутагенез у одноклеточных эукариот.
9. Продолжить анализ хромосомных нарушений, выявленных у радиационно-индуцированных мутантов в отдаленные сроки после облучения культуры клеток млекопитающих.
10. Сопоставить выход структурных нарушений и уровень HPRT-мутагенеза в клетках китайского хомячка (линия V-79) при действии ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками.
11. Продолжить анализ метафазным и mFISH методом хромосомных aberrаций, индуцированных в лимфоцитах периферической крови обезьян (*Macaca mulatta*) при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками.
12. Продолжить исследование индукции комплексных aberrаций в нормальных и опухолевых клетках человека при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками методом mFISH.
13. Продолжить исследование нарушений долговременной памяти и обучаемости крыс в тесте Морриса при тотальном облучении животных протонами.
14. Исследовать процессы демиелинизации и морфологические изменения в ЦНС крыс при тотальном облучении протонами.
15. Разработать методику оценки радиационно-индуцированной клеточной гибели в крипах кишечника и проведения пилотных экспериментов с использованием рентгеновского излучения в комбинации с АраЦ.
16. Провести электроэнцефалографию и оценить поведенческие реакции и морфологические изменения у крыс после локального рентгеновского облучения их головного мозга на установке SARRP.
17. Провести эксперименты по компьютерной томографии и конформному облучению перевитых опухолей у лабораторных животных рентгеновскими лучами на установке SARRP.
18. Разработать методику определения АраЦ и других радиомодификаторов в плазме крови, тканях и опухолях лабораторных животных с использованием жидкостной хроматографии с целью изучения фармакокинетики и метаболизма этих соединений.

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., Павлик Е.Е., Панина М.С., Пархоменко А.Ю., Крылов В.А., 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., Храмо Т.С., Чаусов В.Н., Чижов К.А.
ЛЯР	Каминьски 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:

1. Обеспечение дозиметрии и организация облучения биологических образцов на ускорителях ОИЯИ.
2. Модернизация и введение в эксплуатацию установки «Геном-3».
3. Развитие мультимодальной системы томографии мелких лабораторных животных.
4. Оборудование помещения для радиобиологических экспериментов с использованием радионуклидов.
5. Создание прототипа симулятора космического излучения.
6. Разработка и тестирование приборов дозиметрии и спектрометрии нейтронов.
7. Развитие информационной системы работы с экспериментальными данными в виде двумерных изображений, данных компьютерной томографии и видеозаписей.
8. Разработка протоколов разметки двумерных изображений и видеоматериалов, формирование размеченной базы данных.
9. Тестирование реализованных алгоритмов анализа, разработка и регистрация программного обеспечения, предназначенного для автоматизированной обработки данных.

10. Разработка математической модели формирования различных типов повреждений ДНК и их репарации, модели формирования мутаций и хромосомных aberrаций.
11. Моделирование нарушений структуры и функций мутантных и окисленных форм белков методом молекулярной динамики.
12. Разработка математической модели радиационно-индуцированной гибели опухолевых клеток и прогнозирования роста опухолей в ходе применения перспективных методов лучевой терапии.
13. Теоретическая оценка радиационно-индуцированных нарушений работы ЦНС на основе математических моделей нейронных сетей с учетом повреждения синаптических рецепторов, окислительного стресса, нарушения нейрогенеза и глиогенеза.
14. Выявление возможных путей и условий формирования пребиотических соединений при облучении космического вещества или земных горных пород в сочетании с простейшими органическими молекулами.
15. Проведение структурного и элементного анализа микрофоссилий и органических соединений в различных метеоритах ядерно-физическими методами.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Провести математическое моделирование формирования и кинетики репарации повреждений ДНК в фазах клеточного цикла, при действии тяжелых заряженных частиц различных энергий на нормальные и опухолевые клетки млекопитающих.
2. Продолжить математическое моделирование динамики популяции опухолевых клеток при действии ионизирующих излучений в присутствии ингибиторов синтеза ДНК.
3. Продолжить математическое моделирование нарушений структуры и функций белков синаптических рецепторов методом молекулярной динамики и, как следствие, поведения нейронной сети ЦНС.
4. Продолжить математическое моделирование радиационно-индуцированных нарушений нейрогенеза и глиогенеза, нейровоспалительных процессов в структурах центральной нервной системы.
5. Продолжить математическое моделирование индукции хромосомных aberrаций в клетках млекопитающих и человека при действии ионизирующих излучений с различными характеристиками.
6. Применить алгоритмы компьютерного зрения для обработки биологических данных, в гистологии и поведенческих экспериментах.
7. Обеспечить проведение радиобиологических экспериментов на рентгеновских установках Лаборатории (SARRP, CellRad).
8. Принять участие в проектировании и создании станции Genom-3 на прикладных пучках циклотрона U400M.
9. Принять участие в модельном расчете радиационных полей комплекса NICA для обеспечения радиационной защиты персонала.
10. Совместно с ОРБ принять участие в работах по прогнозированию радиационной обстановки и исследованию радиационных полей ускорительного комплекса NICA с использованием метода сфер Боннера в процессе пуско-наладочных работ.
11. Принять участие в проектировании и создании станции SIMBO на прикладных пучках ARIADNA комплекса NICA.
12. Разработать прототип нового нейтронного дозиметра широкого диапазона энергий.
13. Пополнить коллекцию образцов земных горных пород и метеоритов.
14. Сопоставить минеральные составы земных горных пород и углистых хондритов с помощью СЭМ.
15. Провести элементный анализ земных биологических образцов и фоссилий различных геологических периодов.
16. Классифицировать и систематизировать образцы микрофоссилий в углистых хондритах.
17. Описать возможные механизмы контаминации метеоритов земным материалом.
18. Проанализировать результаты экспериментов по синтезу пребиотических соединений из формамида.

Активности:

Наименование активности Лаборатория (Подразделение)	Руководители Ответственные от лаборатории	Сроки реализации
1. Подготовка специалистов по радиационной безопасности и радиобиологии ЛРБ	Красавин Е.А. Бугай А.Н.	2024-2026
	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
Армения	Ереван	ЕГУ РАУ	Совместные работы	Арутюнян Р.М. Мамасахлисов Е.
Азербайджан	Баку	АМУ	Совместные работы	Рзаева И.А.
Беларусь	Минск	НИИ ЯП БГУ НПЦ НАНБ по материаловедению	Совместные работы Совместные работы	Кулагова Т.А. + 4 чел. Хасанов О.Х.
Болгария	София	IE BAS IMech BAS Inst. Microbiology BAS NCRRP	Совместные работы Совместные работы Соглашение Соглашение	Аврамов Л. Витанов Н.К. Данова С. Христова Р.
Вьетнам	Ханой	INPC VAST ITT VAST VINATOM	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Ву Тхи Ха Чан Дай Лам Ли Тхи Май Хьенг
Египет	Мадинат-эс-Садат	USC	Совместные работы	Эль-Наа Мона
Италия	Витербо	UNITUS	Совместные работы	Саладино Р.
Куба	Сан-Хосе-де-лас-Лахас	CENTIS	Совместные работы	Гонзалез И.
Монголия	Улан-Батор	NUM	Совместные работы	Лхагва О. + 2 чел.
Россия	Борок	ИФЗ РАН	Совместные работы	Цельмович В.А.
	Владивосток	ДВФУ ТИБОХ	Совместные работы Соглашение	Ширмовский С.Э. Кусайкин М.И.
	Казань	ФИЦ КазНЦ РАН	Совместные работы	Калачев А.А. + 3 чел.
	Москва	ГАИШ МГУ ИБМХ ИВНД и НФ РАН ИГЕМ РАН ИКИ РАН ИМБП РАН МГУ	Совместные работы Соглашение Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Бусарев В.В. Лисица А.В. Павлова Г.В. Шарков Е.В. Митрофанов И.Г. + 5 чел. Штемберг А.С. + 2 чел. Латанов А.В. Черняев А.П.
		НИЦ КИ ПИН РАН ФМБЦ	Соглашение Совместные работы Соглашение	Москалева Е.Ю. Жегалло Е.А. Кодина Г.Е.
		ФЦМН ФМБА	Совместные работы	Осипов А.Н. + 1 чел. Белоусов В.В.
	Москва, Троицк	ИСАН	Совместные работы	Наумов А.В.
	Новосибирск	ИК СО РАН	Совместные работы	Снытников В.Н.
	Обнинск	МРНЦ	Соглашение Соглашение	Замулаева И.А. Хвостунов И.К.
	Пушино	ИФХиБПП РАН	Совместные работы	Ривкина Е.М.
	Санкт-Петербург	ИФ РАН	Совместные работы	Филаретова Л.П.
	Сочи	НИИ МП	Совместные работы	Клоц И.Н.

Румыния Сербия	Челябинск	ЮУрГУ	Соглашение	Соколинский Л.Б.
	Бухарест	UMF	Совместные работы	Верга Н. + 2 чел.
	Белград	IBISS	Совместные работы	Попов А.
		INS «VINCA»	Совместные работы	Аджич П. + 9 чел.
		IORS	Совместные работы	Станойкович Т.
Словакия	Братислава	UniKg	Совместные работы	Маркович З.
		Ун-т	Совместные работы	Деспотович С.
Узбекистан	CU	Соглашение	Балентова С.	
	Паркент	ИМ НПО	Совместные работы	Раззоков Дж.
ЮАР	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Совместные работы	Кулабдуллаев Г.А. + 3 чел.
	Белвилл	UWC	Совместные работы	Рахиман Ф.
	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Вандевурд Ш. + 3 чел.

Исследование молекулярно-генетических механизмов адаптаций экстремофильных организмов

Руководитель темы: Кравченко Е.В.

Участвующие страны и международные организации:

Египет, Молдова.

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

Проект:

Наименование проекта	Руководитель проекта	Статус
1. Защита от физико-химических стрессов с помощью белков тихоходок (TARDISS) ЛЯП	Кравченко Е.В.	Реализация
ЛНФ	Азорская Т.О., Зарубин М.П., Кулдошина О.А., Рзянина А.В., Тарасов К.А., Яхненко А.С. Муругова Т.Н.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

Механизмы адаптации 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:

1. Создание регулируемой схемы экспрессии гена, кодирующего белок Dsup, в модельном объекте *melanogaster* для разработки управляемой системы временного повышения радиорезистентности всего организма
2. Оценка влияния белка Dsup на компактизацию хроматина в клетках для установления фундаментальных характеристик работы белка Dsup и картирование новых регуляторных элементов в геноме *melanogaster*
3. 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.
4. Разработка методики и материала для очистки растворов от нуклеиновых кислот и концентрирования ДНК и РНК из различных биологических жидкостей с помощью белка Dsup.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Создание линии *D.melanogaster*, экспрессирующей *Dsup* под контролем промотора гена металлотионеина и оценка базального уровня транскрипции *Dsup* и уровня транскрипции в случае индукции промотора разными концентрациями соединений меди.
2. С помощью методов SAXS, DLS, кругового дихроизма (ЛНФ ОИЯИ, МФТИ) получение характеристик структуры белка Dsup после облучения его гамма-квантами в дозах 2-10 kGy или нагревания 60-100°C.

Активности:

Наименование активности Лаборатория (Подразделение)	Руководители Ответственные от лаборатории	Статус
1. Молекулярная генетика радиационно-индуцированных изменений гена и генома <i>Drosophila melanogaster</i> . РАДИОГЕН ЛЯП	Афанасьева К.П. Александров И.Д., Александрова М.В., Кораблинова С.В., Коровина Л.Н., Солодилова О.П., Харченко Н.Е.	Реализация

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Египет	Асуан	Ун-т	Совместные работы	Хайри Нади Хафиз Ахмед
Молдова	Кишинев	ИМБ АНМ	Совместные работы	Чепой Л.Е.

**Информационные
технологии
(06)**

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.

Исследуемая 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-многомерных интегральных, интегро-дифференциальных или дифференциальных уравнений в частных производных с большим количеством параметров, характеризующихся наличием критических режимов, бифуркаций и фазовых переходов с комплексным применением методов вычислительной физики, квантовой теории информации и гибридных квантово-классических методов программирования.

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. <i>Заместители:</i> Айриян А.С. Войтишин Н.Н.	06-6-1119-1-2024/2026

Проекты:

Наименование проекта Лаборатория (Подразделение)	Руководители проекта Ответственные от лаборатории	Статус
1. Математические методы и программное обеспечение для моделирования, обработки и анализа экспериментальных данных ЛИТ	Шматов С.В. Заместители: Айриян А.С. Войтишин Н.Н.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Реализация</div>
ЛФВЭ	Акишин П.Г., Акишина Е.П., Александров Е.И., Александров И.Н., Аникина А.И., Баранов Д.А., Бежанян Т.Ж., Бутенко Ю.А., Буша Я., Гнатич С., Гребень Н.В., Гончаров П.В., Григорян О.А., Дереновская О.Ю., Дидоренко А.В., Дикусар Н.Д., Злоказов В.Б., Зуев М.И., Иванов В.В., Казаков А.А., Казымов А.И., Кодолова О.Л., Конак А.С., 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., Сатышев И., Слепнев С.К., Слижевский К.В., Соловьев А.Г., Соловьева Т.М., Стрельцова О.И., Тухлиев З.К., Ужинский А.В., Ужинский В.В., Хабаев З.К., Шарипов З.А., Яковлев А.В.	
ЛТФ	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., Зыкунов В.А., Капишин М.Н., Каржавин В.Ю., Коробицин А.А., Крылов А.В., Ленивенко В.В., Ланёв А.В., Лобастов С.П., Мерц С.П., Мошкин А.А., Мудрох А.А., Никифоров Д.Н., Пацюк М., Рогачевский О.В., Рябов В.Г., Шалаев В.В., Шульга С.Г.	
ЛНФ	Казаков Л.И., Савина М.В., Теряев О.В., Тонесев В.Д.	
ЛЯП	Балашою М., Вергель К.Н., Дима М.-О., Дима М.-Т., Иванов А.И., Исламов А.Х., Ковалев Ю.С., Куклин А.И., Пепельшев Ю.Н., Рижиков Ю.Л., Рогачев А.В., Ской В.В., Фронтасьева М.В.	
ЛРБ	Бедняков В.А., Белолоптиков И.А., Борина И.В., Бородин А.Н., Дик В., Елжов Т.В., Гринюк А.А., Гуськов А.В., Денисенко И.И., Жемчугов А.С., Звездов Д.Ю., Крылов В.А., Курбатов В.С., Наумов Д.В., Пан А.Е., Сеитова Д., Сиренко А.Э., Сороковиков М.Н., Ткачев Л.Г., Храмов Е.В., Шайбонов Б.А., Шолтан Е.	
УНЦ	Колесникова И.А., Северюхин Ю.С., Утина Д.М.	
	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:

1. 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} .
2. 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
3. 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.
4. Создание и развитие систем обработки и анализа данных и современных инструментов исследований для международных коллабораций (NICA, нейтринная программа ОИЯИ, эксперименты на LHC).
5. Разработка алгоритмов и программного обеспечения для исследовательских проектов ОИЯИ в области нейтронной физики.
6. 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:

1. Ревизия программной реализации моделей FTF и QGSM, анализ информации по структуре легких гипер-ядер, создание дополнительных программных модулей.
2. 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.
3. Разработка программы моделирования событий, указанных в предыдущем пункте, с учётом физических характеристик установки NICA SPD.
4. Оценка сечений и проведение моделирования процессов рождения частиц темной материи в рамках расширенной двухдублетной хиггсовской модели (генератор MadGraph).
5. Отладка процедуры тестирования чувствительных элементов калориметра высокой гранулярности эксперимента CMS, включая реконструкцию треков и оценку эффективности каждой ячейки детектора.
6. 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 2024 году на установке GIF++ в ЦЕРН и в протон-протон соударениях пучков LHC.
7. Оптимизация на наборах данных 2022–2023 годах алгоритмов локальной реконструкции треков в дрейфовых камерах DCH и CSC эксперимента BM@N, их сшивка с сцинтилляционными детекторами для глобальной реконструкции и идентификации частиц, юстировка детекторов и оценка параметров их работы.
8. Нахождение и проверка поправочных параметров для 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 трекингвых детекторов GEM и Silicon Profilometer в 2023–2024 годах.
9. Исследование эффективности применения методов машинного обучения, основанных на деревьях решений, для задачи идентификации частиц в эксперименте MPD.
10. Оптимизация программной платформы эксперимента MPD: разработка и внедрение в MPDRoot основных правил ООП, унифицированных тестов алгоритмов и взаимодействия классов и пр.

11. Разработка и обучение нейросети для поиска и восстановления треков в вершинном детекторе и треkere установки SPD, восстановления кластеров в электромагнитном калориметре и в мюонной системе SPD.
12. Разработка модели обработки и хранения данных эксперимента SPD: конкретизация типов и форматов данных, оценка вычислительных затрат на обработку на каждом этапе преобразования данных, формулировка технических требований к системе отбора данных в режиме реального времени, распределенной системе обработки и хранения данных и программному обеспечению для оффлайн-обработки.
13. Создание прототипа системы, обеспечивающей многоступенчатую обработку данных на кластере фильтрации событий в режиме реального времени SPD OnLine Filter.
14. Создание прототипов системы управления задачами SPD на основе пакета PanDA и системы управления данными на основе пакета RUCIO DDM.
15. Завершение разработки прототипа системы обработки данных Байкальского телескопа.
16. Создание тестового пакета программ первичной обработки малоугловых экспериментальных данных спектрометра ЮМО для многодетекторной системы с позиционно-чувствительным детектором.
17. Разработка библиотеки C++ по конвертации в JSON данных состояний (condition data), получаемых в онлайн режиме, реализация преобразования данных DCS в CREST. Модификация алгоритмов пакета Athena, использующих COOL, под CREST. Развитие и поддержка эксплуатации информационных систем экспериментов BM@N, MPD для описания геометрии установок, конфигурации детекторов, процесса менеджмента.
18. Исследование уровня фона от космических протонов для обсерватории TAIGA, оценка числа испарительных нейтронов и изучение их взаимодействия в детекторе ОЛВЭ-HERO.
19. Анализ тестовых данных прототипа цифрового калориметра для протонной терапии, разработка алгоритма на основе клеточного автомата для распознавания и реконструкции треков.
20. Применение кусочно-полиномиальной аппроксимации на основе метода базисных элементов высоких порядков для обработки и анализа нейтронных шумов реактора ИБР-2М.
21. Разработка модуля для поведенческого анализа, который позволит автоматизировать анализ видеоданных, получаемых при тестировании лабораторных животных в различных тест-системах.
22. Применение алгоритмов автоматического подбора оптимальных политик аугментации данных, апробирование различные функции минимизации потерь, определение наиболее эффективных методов классификации изображений с болезнями растений.
23. Улучшение существующего функционала и предоставление новых возможностей для контроля и прогнозирования состояния окружающей среды. Автоматизация процесса мониторинга с использованием моделирования.

2. Методы вычислительной физики для исследования сложных систем

**Земляная Е.В.
Чулуунбаатар О.**

Заместители:
**Калиновский Ю.Л.
Хведелидзе А.**

Реализация

ЛИТ

Абгарян В., Айриян А.С., Айрян Э.А., Акишин П.Г., Амирханов И.В., Бадреева Д.Р., Барашенков И.В., Башашин М.Б., Боголюбская А.А., Буреш М., Бутенко Ю.А., Буша Я. (мл.), Буша Я. (ст.), Волохова А.В., Воскресенская О.О., Годеридзе Д., Григорян О., Гусев А.А., Зуев М.И., Карамышева Т.В., Корняк В.В., Кулябов Д.С., Лукьянов К.В., Мавлонбердиева С.Д., Махалдиани Н.В., Мирзаев М.Н., Михайлова Т.И., Нечаевский А.В., Никонов Э.Г., Палий Ю., Папоян В.В., Папоян Г.В., Подгайный Д.В., Полякова Р.В., Пузынина Т.П., Рахромова А.Р., Рихвицкий В.С., Рогожин И.А., Сархадов И., Саха Б., Сердюкова С.И., Стрельцова О.И., Сюракшина Л.А., Тарасов О.В., Торосян А.Г., Тухлиев З.К., Червяков А.М., Чулуунбаатар Г., Чулуунбаатар Х., Шарипов З.А., Юкалова Е.П., Юлдашев О.И., Юлдашева М.Б., Ямалеев Р.М., Янович Д.А.

ЛТФ

Виницкий С.И., Гнатич М., Донков А.А., Лукьянов В.К., Низмитдинов Р.Г., Рахронов 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., Попов Е.П.
ЛЯП	Карамышев О.В., Карамышева Г.А., Киян И.Н.
ЛРБ	Бугай А.Н., Чижев 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 неоднородных 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:

1. Разработка методов, алгоритмов и комплексов программ для проведения численных исследований взаимодействий различных типов в сложных системах ядерной физики и квантовой механики.
2. Методы моделирования многофакторных процессов в материалах и конденсированных средах под внешними воздействиями.
3. Методы решения задач моделирования при проектировании экспериментальных установок и оптимизации режимов их работы.
4. Методы моделирования сложных процессов в плотной ядерной материи на основе уравнения состояния.
5. Методы моделирования квантовых систем с применением методов квантовой теории информации и гибридных квантово-классических методов программирования.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Разработка математической постановки задачи в рамках метода сильной связи каналов с оптическим потенциалом Вудса–Саксона и регулярными граничными условиями для моделирования подбарьерных реакций слияния и деления тяжелых ионов.
2. Разработка методов и проведение расчетов энергии адсорбции на слое Au тяжелых и сверхтяжелых атомов.
3. Развитие и оптимизация метода автомодельных приближений для решения нелинейных уравнений, не содержащих малых параметров и описывающих квантово-механические системы, включая спиновые ансамбли и холодные атомы в ловушках.
4. Разработка метода и программы, иницирующей в рамках транспортно-статистического подхода начальное состояние сталкивающихся ядер с ядерными потенциалами, которые используются для дальнейшего расчета динамики столкновений.
5. Моделирование протон-ядерных взаимодействий на основе микроскопической модели оптического потенциала в широком диапазоне энергий и атомных номеров ядер-мишеней для исследования влияния ядерной среды на процессы рассеяния протонов на внутриядерных нуклонах.
6. Исследование динамики ударной волны в облучаемом материале на основе модели, описываемой комбинацией уравнений молекулярной динамики, уравнений теплопроводности и волновых уравнений. Определение параметров волнового уравнения по результатам численного решения молекулярно-динамических уравнений.
7. Моделирование взаимодействия бета-амилоидных и антимикробных пептидов с фосфолипидными мембранами в везикулярных и бицеллярных структурах в рамках крупнозернистой модели; исследование динамических свойств данного взаимодействия на основе расчета фононных спектров систем; построение профиля свободной энергии процесса вытягивания пептида из мембраны в зависимости от расстояния между центрами масс и конформацией пептида (replica exchange umbrella sampling).
8. Исследование локализованных структур в системах, описываемых нелинейными уравнениями теории поля с диссипацией и внешними воздействиями. Исследование влияния кулоновского потенциала на процесс формирования гидратированного электрона на основе модифицированной поляронной модели, расчет наблюдаемых характеристик этого процесса.
9. Адаптация пакета COMSOL Multiphysics® на гетерогенной платформе HybriLIT вычислительного комплекса МИВК с целью повышения эффективности расчётов и уменьшения затрат вычислительных ресурсов за счет

использования смешанной векторно-скалярной формулировки магнитостатики и гибридного метода конечных и граничных элементов.

10. Разработка и программная реализация разностных схем для решения краевой задачи для уравнения 4го порядка, описывающих распределение физических полей в 2D и 3D областях различных конфигураций.
11. Разработка методов и исследование формирования магнитных полей изохронных циклотронов при различных режимах работы. Подготовка инструкции и оформление для передачи в библиотеку JINRLIB программы CORD (Closed ORbit Dynamics), реализующей расчеты по исследованию влияния бетатронных колебаний и фазового движения частиц пучка на магнитное поле циклотрона MSC230.
12. Адаптация нейросетевого подхода к приближенному вычислению многократных интегралов, возникающих при исследовании выживаемости пионов в соударениях тяжелых ионов; исследование методов обобщения разработанной ранее модели кварк-адронного фазового перехода в холодной ядерной материи на конечные температуры.
13. Моделирование и расчет значений космологического красного смещения на основе уравнения состояния; исследование возможности восстановления спектра масс изолированных нейтронных звезд по данным о возрасте и поверхностной температуре пульсаров на основе моделирования их температурной эволюции; моделирование процессов рассеяния и рождения частиц в плотной и горячей ядерной материи.
14. Разработка алгоритма троттеризации оператора эволюции для уравнений фон Неймана и Линдблада и реализация соответствующей квантовой схемы на квантовом симуляторе в среде QISKit. Повышение производительности симулятора квантовой схемы за счет увеличения скорости симуляции на многопроцессорных системах.
15. Создание пакета модулей, предназначенных для разложения квантовой системы на подсистемы на основе применения тензорных произведений представлений сплетений конечных циклических групп.
16. Определение взаимосвязи характеристик запутанности составных квантовых систем и отрицательности квазивероятностных распределений Вигнера. Разработка метода функциональной редукции для двухпетлевых Фейнмановских интегралов и его применение для вычисления интегралов, соответствующих диаграммам с четырьмя и пятью внешними линиями.

Активности:

Наименование активности	Руководители	Сроки реализации
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
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
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 симуляторов на классических вычислительных архитектурах.

Ожидаемые результаты по завершении активности:

1. Создание прототипа квантового нечеткого ПИД – регулятора и демонстрационного образца робота с встроенным прототипом регулятора.
2. Создание прототипа интеллектуальной системы управления криогенными системами для сверхпроводящих магнитов ускорительного комплекса NICA на основе квантового нечеткого ПИД – регулятора. Подготовка патента.
3. Методология построения и структура интеллектуальной системы управления ВЧ -станцией.
4. 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:

1. Создание прототипа квантового нечеткого ПИД – регулятора.
2. Создание структуры и разработка квантового алгоритма нечеткого вывода для прототипа интеллектуальной системы управления криогенными системами для сверхпроводящих магнитов ускорительного комплекса NICA на основе квантового нечеткого ПИД – регулятора.

2. Подготовка специалистов в области вычислительной физики и информационных технологий	Кореньков В.В. Нечаевский А.В. Пряхина Д.И. Стрельцова О.И.	2024-2026
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:

1. Проведение мероприятий для сотрудников ОИЯИ по изучению современных ИТ-технологий и возможностей работы на компонентах МИВК и в ЦЭС;
2. Формирование набора проектов ОИЯИ, в которых могут принять участие студенты.
3. Формирование списка компетенций и необходимых курсов для реализации проектов.
4. Разработка учебных курсов и образовательных программ, которые обеспечат подготовку кадров для решения различных задач в проектах.
5. Создание экосистемы для реализации образовательных программ на базе МИВК ОИЯИ, включающего облачную инфраструктуру и гетерогенную вычислительную платформу HybridLIT.
6. Создание программно-информационной среды и платформы для организации и проведения мероприятий, лекций, практических занятий, хакатонов и т.д.
7. 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.

8. Формирование программ мероприятий и организация взаимодействия с университетами и Информационными центрами ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:

1. Проведение мероприятий для сотрудников ОИЯИ (семинары для пользователей МИВК ОИЯИ и ЦЭС).
2. Создание компонент экосистемы для реализации образовательных программ.
3. Проведение Школ по информационным технологиям.
4. Проведение учебных практик для студентов РФ и студентов стран-участниц ОИЯИ.
5. Подготовка учебных курсов по информационным технологиям.

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	ЕГУ ННЛА	Соглашение Совместные работы	Тумасян А. Айрапетян А. Геворкян А.
Беларусь	Гомель	ГГУ	Соглашение Совместные работы и обмен визитами	Тумасян А. Андреев В.В. Максименко Н.В.
	Минск	ИМ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Малютин В.Б. + 2 чел.
		ИФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Михалычев А.Б. Прокопеня Н.О.
Болгария	София	SU	Совместные работы	Ермак Д.В. Макаренко В.В. Мосолов В.А.
			Соглашение Совместные работы	Димитров В. Христов И.Г. Христова Р.Д. Младенов Д. Галлас Э.
Великобритания	Оксфорд	Ун-т	Совместные работы	Галлас Э.
Грузия	Тбилиси	GTU	Совместные работы	Гиоргадзе Г.
		TSU	Совместные работы	Элашвили А.
		UG	Совместные работы	Гогилдзе 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.
Китай	Астана	ЕНУ	Совместные работы	Курмангалиева Ж.Д.
	Пекин	CIAE	Совместные работы	Пэйвэй Вэн Ченгжан Лин
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	Гунова 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.
	Иркутск	ИГУ	Соглашение	Танаев А.Б.
	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Никитенко А.
		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. Кодолова О.Л. Лохтин И.П. Петрушанко С.В.
		НИЯУ «МИФИ»	Совместные работы	Артамонов А.А. Данилов М.В. Коротков М.Г. Черкасский А.И.
		РНТОРЭС	Совместные работы	Егоров А.А.
		РУДН	Соглашение	Бронников К.А. Малых М.Д. Рыбаков Ю.П. Севастьянов Л.А.
	Москва, Троицк	ФИАН	Совместные работы	Дремин И.М.
	Петропавловск-Камчатский	ИЯИ РАН	Совместные работы	Гниненко С.Н.
	Протвино	КамГУ	Соглашение	Исрапилов Д.И.
	Пушино	ИФВЭ	Совместные работы	Петров В.А.
	Санкт-Петербург	ИМПБ РАН	Совместные работы	Лахно В.Д.
		СПбГУ	Совместные работы	Богданов А.В. Дегтярев А.Б. Зароченцев А.К. Щеголева Н.Л.
	Самара	СамГУ	Совместные работы	Баскаков А.В. Салеев В.А.
	Саратов	СГУ	Совместные работы	Дербов В.Л.
	Тверь	ТвГУ	Совместные работы	Цветков В.П. Цветков И.В. Чемарина Ю.В.
	Томск	ТПУ	Соглашение	Лидер А.
	Тула	ТулГУ	Совместные работы	Сычугов А.А. Французова Ю.В.
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	Юлдашев Б.С.
Франция	Сакле	IRFU	Совместные работы	Формика А.

ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Совместные работы	Аволио Дж. Ван Левен М. Мак-Брайд П. Рибон А. Рое Ш. Хеккер А.
ЮАР	Кейптаун	УСТ	Совместные работы	Алексеева Н.

**Прикладная
инновационная
деятельность
(07)**

Прикладные исследования на комплексе NICA для задач радиационного материаловедения, наук о жизни и новых методов генерации энергии

Руководители темы: Белов О.В.
Сыресин Е.М.

Участвующие страны и международные организации:
Армения, Беларусь, Болгария, Мексика, Молдова, Россия, Узбекистан, ЮАР.

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

Проект:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. Подкритический реактор с ускорительным приводом (ADSR)	Тютюнников С.И. Параипан М.	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 идти в двух направлениях:

- 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;
- 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 k_{eff} 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 предыдущие годы реализации проекта были исследованы аспекты, связанные с геометрией активной зоны, материалом, используемым для конвертера, составом топлива, рабочим значением k_{eff} , обогащением и распределением удельной мощности. Исследовалось также влияние характеристик пучка (тип частиц, энергия, интенсивность пучка) и типа ускорителя. Полученные основные выводы составляют основу для продления проекта в соответствии с заявленными целями.

Предлагаемая конструкция графитовой мишени «ГАММА4» с размещенными внутри твэлами и центральным отверстием для конвертеров 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 проекту:

1. Выбор оптимальной конструкции мишени для ADS системы.
2. Проверка принципиально новой концепции ADS системы, основанной на использовании пучков ионов вместо пучков протонов.
3. Реализация первого этапа экспериментальной программы проекта, направленной на измерение выхода нейтронов с различными комбинациями преобразователей.

Ожидаемые результаты по этапам проекта в текущем году:

1. Определение оптимальной конструкции мишени для ADS системы.
2. Получение результатов моделирования по оптимальной конструкции мишени ADS системы.

Активности:

Наименование активности	Руководители	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
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 ЛФВЭ	Белов О.В. Тютюнников С.И.	Набор данных Обработка данных
ЛЯП	Артюх В.А., Джавадова В., Ковалев Ю.С., Крячко И.А., Марьин И.И., Мурин Ю.А., Новиков М.С., Пухаева Н.Е., Рогачев А.В., Родригес А., Садыгов З.Я., Себаллос С., Сливин А.А., Смирнов Г.И., Сыресин Е.М., Шаляпин В.Н.	
ЛЯР	Агапов А.В., Белокопытова К.В., Мицын Г.В., Молоканов А.Г., Рзянина А.В., Стегайлов В.И., Швидкий С.В.,	
ЛНФ	Апель П.Ю., Нечаев А.Н., Осипов А.Н.	
ЛТФ	Булавин М.В.	
	Осипов В.А.	
2. НИОКР по оптимизации методов облучения образцов различных видов и разработке вспомогательного оборудования для облучательных стендов ARIADNA. Развитие участков для развертывания пользовательского оборудования ЛФВЭ	Белов О.В.	Реализация
ЛЯП	Матюханов Е.С., Новиков М.С., Шемчук А.В.	
	Белокопытова К.В., Мицын Г.В.	
3. Модернизация спектроаналитического комплекса для активационных измерений ЛФВЭ	Шаляпин В.Н. Стегайлов В.И. (ЛЯП)	Реализация
	Крячко И.А., Стрекаловская Е.В., Тоан Тран Нгор	

ЛЯП	Стегайлов В.И.	
4. Развитие программного обеспечения и проведение дозиметрических расчетов для экспериментов ARIADNA. Моделирование радиационных условий на комплексе NICA ЛФВЭ ЛРБ	Параипан М. Белов О.В., Джавадова В., Сливин А.А., Чан Нгок Т. Чижов А.В.	R&D
5. Исследования влияния облучения на сверхпроводящие свойства ВТСП лент 2-го поколения. Разработка магнитных и криогенных ВТСП-систем для экспериментальных установок ЛФВЭ ЛНФ	Новиков М.С. Тютюнников С.И. Матюханов Е.С., Филиппов Ю.П., Шемчук А.В., Черников А.Н.	R&D
6. Организация и сопровождение пользовательской программы ARIADNA. Развитие коллабораций ARIADNA ЛФВЭ	Белов О.В. Новиков М.С., Параипан М., Тютюнников С.И., Цаплина Ю.А.	Реализация

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт	Статус	Участники
Армения	Ереван	CANDLE ЕГУ	Совместные работы Совместные работы	Григорян Б.А. + 2 чел. Арутюнян Р.М. Балабекян А.Р. + 2 чел.
Беларусь	Минск	БГУ НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами Совместные работы и обмен визитами	Свито И.А. + 2 чел. Федотова Ю.А. Федотов А.К. + 4 чел.
Болгария	Пловдив	ОИЭЯИ-Сосны НАНБ MUP	Совместные работы и обмен визитами Совместные работы	Гусак К. + 3 чел. Зайцева Е.М.
Мексика	Мехико	INCан	Совместные работы	Сойосо-Дюпонт И.
Молдова	Кишинев	МолдГУ	Соглашение	Еленчук Д.
Россия	Владикавказ Долгопрудный	СОГУ МФТИ	Соглашение Соглашение	Пухасева Н.Е. + 2 чел. Кузьмин Д.В. Леонов С.В. Пустовалова М.В. Рогачев А.В.
	Дубна	ИПИ «Омега» ИФТП ФНИИЯФ МГУ	Соглашение Соглашение Совместные работы	Лузанов В.А. Смирнов А.А. + 4 чел. Тетерева Т.В.
	Москва	«Квант-Р» ИМБП РАН	Соглашение Соглашение	Слесаренко В.В. Иванов А.А. + 2 чел. Перевезенцев А.А. Штебмерг А.С. + 5 чел. Шуршаков В.А.
			Совместные работы	Иванова О.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. Ткачев Л.Г.
		НИЯУ «МИФИ»	Соглашение	Руднев И.А. + 2 чел.
		ОИВТ РАН	Соглашение	Дегтяренко П.Н.
		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.
	Пушино	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.

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. <i>Заместитель:</i> Рымжанов Р.А.	07-5-1131-1-2024/2028
2. Нанокompозитные и функциональные трековые мембраны	Апель П.Ю. <i>Заместитель:</i> Нечаев А.Н.	07-5-1131-2-2024/2028

Проекты:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов ЛЯР	Скуратов В.А. <i>Заместитель:</i> Рымжанов Р.А.	Реализация
	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 Фьонг Тхао, Лизунов Н.Е., Маматова М., Маркин А.Ю., Мирзаев М.Н., Мутали А., Нгуен Ван Тьеп, Орелович О.Л., Пиядина Е.А., Семина В.К., Сохацкий А.С., Шмаров 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 мишеных 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 повреждения, 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 мишеных материалов для ядерно-физических экспериментов будет исследоваться микро- и наномеханическими методами испытаний.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. 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.
2. 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.
3. Данные о совместном влиянии высокой плотности ионизации и гелия на транспортные свойства продуктов деления в защитных слоях и инертных матрицах.
4. Накопление базы данных о параметрах ионных треков в обычных и наноструктурированных керамиках, перспективных для ядерно-физических приложений.
5. Данные о долговременной стабильности мишенных материалов во время длительных облучений интенсивными пучками тяжелых ионов.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Исследование микроструктуры интерфейсных слоев $\text{AlN}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CeO}_2/\text{ZrO}_2:\text{Y}$, $\text{Si}/\text{Al}_2\text{O}_3$ облученных тяжелыми ионами высоких энергий, методами просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения.
2. Измерение методами ПЭМ параметров гелиевой пористости, сформированной равномерным ионным легированием гелия и отжигом, в сплавах на основе никеля и титана.
3. Микромеханические испытания методом наноиндентирования ферритных ДУО сплавов, облученных высокоэнергетическими ионами ксенона.

2. Нанокompозитные и функциональные трековые мембраны

ЛЯР

Апель П.Ю.

Заместитель:

Нечаев А.Н.

Реализация

Аксенов Н.В., Алтынов В.А., Андреев Е.В., Арно Руссоу, Блонская И.В., Виноградов И.И., Волнухина Г. Н., Густова М.В., Донникова О.И., 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., Осипов А.Н., Пинаева У.В., Полежаева О.А., Рагимова Р.К., Румянцев С.А., Серпионов Г.В., Фадейкина И.Н., Филатова Е.Л., Шамшидинова И.Н., Ширкова В.В., Щеголев Д.В.

ЛЯП

Зарубин Н.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 нанокompозитных 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:

1. 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 электро-баромембранного процесса.
2. Экспериментальная верификация возможности изготовления нанокompозитных, функционализированных и гибридных ТМ:
 - ТМ с асимметричными и модифицированными нанопорами для разделения рацемических смесей;
 - микрофилтрационные ТМ с иммобилизованными белками для обнаружения «свободных» РНК и ДНК и их применения в биосенсорах;
 - функционализированные нанопористые мембраны из поливинилиденфторида (ПВДФ) для селективного прекоцентрирования токсичных металлов и их количественного определения;
 - ТМ, функционализированные наночастицами серебра и биоактивными веществами, для создания бактерицидных и вирулицидных филтрационных материалов;
 - модифицированные ТМ с улучшенной клеточной адгезией для систем культивирования клеток;
 - аффинные ультра- и микрофилтрационные ТМ для разделения экзосом;
 - нанокompозитные ТМ с иммобилизованными наноконъюгатами 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.
3. 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:

1. Исследование закономерностей трекообразования в поливинилиденфториде при облучении тяжелыми ионами и получение нанопористых ПВДФ-ТМ. Разработка методик модификации нанопористых ПВДФ-ТМ функциональными мономерами методом пострадационной прививочной полимеризации.
2. Получение трековых мембран, функционализированных слоем наночастиц со структурой ядро/оболочка состоящих из серебра и золота для дальнейшего использования в анализе вирусов с применением аптамеров.
3. Изучение процесса мембранной дистилляции на ТМ с наноразмерным гидрофобным покрытием, получаемым путем электронно-лучевого диспергирования полимеров.
4. Изучение селективных свойств металлорганической каркасной структуры на поверхности ТМ в растворах электролитов.
5. Разработка метода модификации трековых мембран биосовместимыми конъюгатами куркумина, кверцетина и оценка их биологической эффективности по отношению к РНК и ДНК-содержащим вирусам.
6. Разработка методики баромембранного разделения на трековых мембранах культуральной среды мезенхимальных стволовых клеток человека.

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	Совместные работы и обмен визитами	Рогачев А.В. + 4 чел.	
	Минск	БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Тиванов М.С. Казючиц Н.М. + 2 чел. Углов В.В. + 3 чел. Королик О.В.	
Вьетнам	Ханой	IMS VAST	Совместные работы	Тран Квок Тьен	
Казахстан	Астана	АФ РГП ИЯФ	Совместные работы	Здоровец М.В.	
		ЕНУ	Совместные работы	Акалбеков А.Т. + 4 чел.	
Россия	Долгопрудный Иваново Краснодар Москва	НУ	Совместные работы	Тихонов А.В.	
		МФТИ	Совместные работы	Леонов С.В.	
		ИГХТУ	Совместные работы	Горберг Б.	
		КубГУ	Совместные работы	Никоненко В.В. + 3 чел.	
		ИНХС РАН	Совместные работы	Волков В.	
		ИОНХ РАН	Совместные работы	Ярославцев А.Б. + 2 чел.	
		ИСПМ РАН	Совместные работы	Гильман А.Б.	
		ИТЭФ	Совместные работы	Рогожкин С.	
		МГУ	Совместные работы	Завьялова Е.Г.	
		МПГУ	Совместные работы	Бедин С.А. + 2 чел.	
		НИИВС	Совместные работы	Поддубиков А.	
		РНИМУ	Совместные работы	Румянцев С.	
		РУДН	Совместные работы	Людуп А.	
		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
ЮАР	Беллвилл	UWC	Совместные работы	Петрик Л.	
	Дурбан	UKZN	Совместные работы	Кхоза П.	
	Порт-Элизабет	NMU	Совместные работы	Ниитлинг Я. Огунглая А. Мсиманга М.	
	Претория	TUT	Совместные работы	Ситхале И.	
		UNISA	Совместные работы	Нджороге Е.	
		UP	Совместные работы	Номбона Н. Хлатшвайо Т.	
	Сомерсет-Уэст Стелленбос Умтата	iThemba LABS	Совместные работы	Нкози М.	
		SU	Совместные работы	Россоу А.	
		WSU	Совместные работы	Фалени И.	

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

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.

Исследуемая проблема и основная цель исследований:

Проведение научно-методических исследований гибридных матричных энерго-чувствительных детекторов для фундаментальных и прикладных исследований. Развитие научного сотрудничества с исследовательскими институтами для изучения возможности применения разработанных детекторов в других областях науки и техники (в первую очередь в области здравоохранения и горной промышленности). Развитие инфраструктуры для исследования свойств полупроводниковых детекторов, включая тесты на пучках частиц для использования группами ОИЯИ и институтов государств-членов.

Разработка и применение лазерных инклинометров для фундаментальных и прикладных целей. Мониторинг поведения основания коллайдера (NICA) для отслеживания критических изменений конструкции, способных вызвать отклонения пучков от расчетных орбит. Построение сети из инклинометров в сейсмоопасных регионах для определения зон накопления энергии и потенциально сейсмоопасных областей. Изучение разрешающей способности малогабаритного прецизионного лазерного инклинометра (МПЛИ) в определении кинематических и динамических параметров волновых процессов в системе сейсмологических наблюдений ЦГМ НАН Беларуси.

Исследование образования дефектов в материалах в результате различных физических воздействий. Расширение существующей экспериментальной базы позитронно-аннигиляционной спектроскопии.

Создание экспериментальных установок с использованием сверхнизких температур и проведение экспериментов по изучению спиновой структуры нуклона в сильных и электромагнитных взаимодействиях.

Введение в эксплуатацию линейного ускорителя электронов ЛЯП ОИЯИ ЛИНАК-200. Создание и оборудование каналов вывода для работы сотрудников на ускорителе ЛИНАК-200.

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. <i>Заместитель:</i> 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. <i>Научный руководитель:</i> Мешков И.Н.	08-2-1126-3-2016/2028
4. Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований	Шелков Г.А. <i>Заместитель:</i> Рожков В.А.	08-2-1126-4-2015/2028
5. GDH&SPASCHARM	Усов Ю.А. <i>Заместитель:</i> Плис Ю.А.	08-2-1126-5-2011/2028

Проекты:

Наименование проекта Лаборатория (Подразделение)	Руководители проекта Ответственные от лаборатории	Статус
1. Создание и развитие тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов ЛИНАК-200 в ЛЯП ЛЯП	Госткин М.И. <i>Заместитель:</i> Абдельшакур Э.С.	Реализация
ЛФВЭ	Демин Д.Л., Демичев М.А., Жемчугов А.С., Кручонок В.Г., Ноздрин А.А., Пороховой С.Ю., Харченко Д.В.	
ЛЯР	Кобец В.В. 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 нагрузками 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 государственных ОИЯИ.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Измерение характеристик пучка электронов (эмиттанс, энергия, фокусировка...) при энергиях 20 и 200 МэВ.
2. Запуск годоскопа на основе MWPC.
3. Создание компьютерной модели тестовой зоны GEANT4.
4. Изучение способов измерения дозы для биологических и материаловедческих целей.

2. Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов ЛЯП	Глаголев В.В. Ляблин М.В.	Реализация
ЛТФ	Бедняков И.В., Бедняков С.А., Бунятов К.С., Давыдов Ю.И., Клемешов Ю.В., Коломоец С.М., Красноперов А.В., Кузькин А.М., Ни Р.В., Плужников А.А., Поляков К.Д., Студенов С.Н., Торосян Г.Т., Шилов С.Н., Ширков Г.Д.,	
ГСМК	Баушев А.Н. Трубников Г.В.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

Реализация проекта направлена на долговременное мониторингирование поведения основания коллайдера (NICA) для отслеживания критических изменений конструкции, способных вызвать отклонения пучков от расчетных орбит. Также мониторингирование позволит контролировать угловые колебания элементов коллайдеров от микросейсмических шумов промышленного 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 мониторинга 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 мониторинга объектов на территории Камчатки, Армении, Беларуси и Узбекистана.

Создать необходимое программное обеспечение для приема данных с сети ПЛИ, онлайн контроля, визуализации поверхности Земли контролируемой сетью, алгоритмы (включая машинное обучение, нейронные сети) для определения зон повышенного накопления сейсмической энергии.

Создание прототипа амплитудного интерферометрического измерителя длины на длину 16 м, создание прототипа лазерной реперной линии на длину 128 м, создание прототипа сеймостабилизированной исследовательской платформы, применение компактных МПЛИ для улучшения частотных параметров гравитационных антенн детектора VIRGO.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Завершить НИР по созданию Интерференционного Прецизионного Лазерного инклинометра (ИПЛИ).
2. Установить третий МПЛИ на в месте вывода пучка в зал MPD коллайдера NICA.
3. Установить МПЛИ в геофизической обсерватории Нарочь в Белоруссии.

3. Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (PAS)

ЛЯП

ЛФВЭ

Сидорин А.А.
Научный руководитель:
Мешков И.Н.

Ахманова Е.В., Нгуен Ву Минь Чунг, Орлов О.С., Попов Е.П., Рудаков А.Ю., Самедов С.Ф., Хилинов В.И.

Кобец В.В., Мешков И.Н.

Реализация

Краткая аннотация и научное обоснование:

Для исследований структуры различных материалов и дефектов, возникающих при различных физических воздействиях (старение, внешние нагрузки, радиационное воздействие) требуются высокоточные методы, способные различать неоднородности кристаллической структуры на нанометровом уровне. Одним из таких методов является позитронная аннигиляционная спектроскопия (ПАС). Этот метод является чувствительным к детектированию различных (так называемых «open-volume») дефектов размером от 0,1 до 1 нм с минимальной концентрацией до 10^{-7} см⁻³. Метод ПАС имеет на 4 порядка лучшее пространственное разрешение по сравнению с просвечивающим электронным микроскопом.

Прикладные исследования в области твердого тела методами ПАС и развитие техники проведения экспериментов при помощи данных методов являются целью проекта. Для исследования дефектов в материалах применяется метод доплеровского уширения аннигиляционной линии (ДУАЛ), реализованный на потоке медленных монохроматических позитронов. Спектрометр ДУАЛ выполнен по стандартной схеме. Так же применяется метод Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy (PALS) реализованный на автономном источнике ²²Na. Для развития экспериментальной базы внедряется метод PALS на потоке медленных монохроматических позитронов. Группой предложен оригинальный вариант этого метода, основанный на формировании упорядоченного потока медленных позитронов.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Усовершенствование спектрометра ДУАЛ введением в схему измерения возможности регистрации совпадения двух аннигиляционных гамма-квантов.
2. Завершение создания системы упорядочения позитронов и введение в эксплуатацию спектрометра PALS на монохроматическом пучке позитронов.
3. Отработка методики ионного травления на созданной системе травления и применение ее для изучения тонкопленочных многослойных материалов.
4. 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:

1. Продолжение прикладных исследований совместно с ТПУ, САФУ.
2. Прикладные исследования радиационной стойкости тугоплавких материалов.
3. Изготовление и тестирование системы формирования напряжения необходимой формы на резонаторе.

4. Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований

ЛЯП

ЛЯР

ЛНФ

ЛРБ

Шелков Г.А.*Заместитель:***Рожков В.А.**

Абдельшакур С., Каурцев Н.Н., Лапкин А.В., Малинин А.С., Сотенский Р.В.

Исатов А.Т., Митрофанов С.В., Тетерев Ю.Г.

Ахметов А.А., Бериков Д., Копач Ю.Н.

Бугай А.Н., Чижов А.В.

Реализация

Краткая аннотация и научное обоснование:

Главной целью работ по теме 1126 открытой в 2015 году 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 отдельный пиксель.

Возможность обнаружения и идентификации определенных 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 диагностической аппаратуры на их основе. В результате выполнения проекта будут разработаны и затем изготовлены в промышленности опытные образцы новых энерго-чувствительных пиксельных детекторов. Кроме того, для этого детектора будет разработана электроника считывания и пакет программ обработки.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Основным направлением дальнейших работ будет разработка собственного микрочипа и изготовление новых энерго-чувствительных полупроводниковых детекторов рентгеновских изображений и аппаратуры для:

1. Создания аппаратно-программного базиса для разработки новых типов рентгенографических аппаратов медицинской диагностики, включая компьютерную томографию.
2. Совершенствования методов идентификации веществ в рентгенографических исследованиях используя данные об измеренной энергии гамма-квантов.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Изготовление и тестирование первых образцов разрабатываемой микросхемы.
2. Продолжение совместной работы с химиками МГУ на микротомографе MARS.

5. GDH&SPASCHARM

Усов Ю.А.

Реализация

Заместитель:

Плис Ю.А.

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:

1. 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 .

2. 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.
3. 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.
4. 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:

1. Разработка и создание нового криостата для поляризованной «замороженной» мишени установки «СПАСЧАРМ».
2. Разработка и создание основных узлов мощного рефрижератора растворения $3\text{He}/4\text{He}$ для установки «MESA».
3. Завершение работ по созданию криостата для поляризованной мишени в Боннском университете.
4. Обратная транспортировка и полный запуск поляризованной мишени в Майнце для проекта «GDH».
5. Проведение поляризационных исследований с использованием поляризованной «замороженной» мишени на ускорителе «MAMI C».
6. Проведение поляризационных исследований на новой поляризованной мишени на ускорителе Боннского университета, «ELSA».
7. Сборка, монтаж и тестирование мощного рефрижератора растворения $3\text{He}/4\text{He}$ на пучковом канале установки «MESA».
8. Запуск модифицированной поляризованной мишени установки «SPASCHARM» и начало набора физической статистики на ускорителе.

9. По программе NN-взаимодействия будут проведены эксперименты по каналированию после модернизации стенда источника поляризованных дейтронов, – 2024–2025 гг.
10. Проведение точных измерений векторных и тензорных поляризаций пучка дейтронов, ускорителя VdG.
11. Подготовка специального устройства для использования нового материала для мишени на основе тритил-легированного бутанола.
12. Изготовление и монтаж аппаратуры для измерения поляризации нейтронов с использованием рассеяния на мишени ^4He .
13. 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:

1. Завершить работы по созданию нового криостата для поляризованной мишени в Боннском университете.
2. Участие в наборе физических данных на ускорителе «ELSA».
3. Оптимизация пучка поляризованных дейтронов ускорителя «VdG», Чешского технического университета (г. Прага).

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	Совместные работы и обмен визитами	Батраков К.Г. + 4 чел.
		ЦГМ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Аронов Г.А.
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	Соглашение	Потрахов Н.Н.
	Томск	ТППУ	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	STU	Соглашение	Солар М.

Перспективные разработки систем ускорителей 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.

Исзуемая 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
1. Создание испытательных стендов для тестирования отдельных систем циклотрона MSC-230	Карамышева Г.А. Яковенко С. Л.	08-2-1127-1-2024/2024

Проект:

Наименование проекта	Руководители проекта	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1. Создание испытательных стендов для тестирования отдельных систем циклотрона MSC-230	Карамышева Г. А. Яковенко С. Л.	Создание прототипа
ЛЯП	Галкин Р., Герасимов В.А., Гоншиор А.Л., Гурский С.В., Доля С.Н., Евсеева И.В., Казакова Г.Г., Карамышев О.В., Киян И.Н., Лепкина О.Е., Ломакина О.В., Ляпин И.Д., Малинин В.А., Малыш Д.А., Петров Д., Попов Д. В., Рогозин Д.В., Романов В.М., Сеница А.А., Федоренко С.А., Скрипка Г.М., Чеснов А.Ф., Ширков Г.Д., Ширков С.Г.	
ЛФВЭ	Борисов В.В., Никифоров Д.Н., Новиков М.С., Ходжибагиян Г.Г.	
ЛИТ	Амирханов И.В., Карамышева Т.В.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

В ближайшие годы планируется создать прототип циклотрона и разработать оборудование для изучения методики Флэш облучения. Опыт совместной разработки в коллаборации ОИЯИ ASIPP (Хэфэй, Китай) медицинского циклотрона SC200 в Хэфэе позволит создать источник интенсивного пучка протонов, а опыт лечения методом конформной терапии, накопленный в Медико-техническом комплексе ЛЯП ОИЯИ, открывают возможности проведения модернизации оборудования для точного контроля и подведения высокой мощности дозы для исследований метода Флэш терапии.

Актуальность проекта, ориентированного на моделирование 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 в инновационном центре.

Создание сверхпроводящего протонного циклотрона MSC-230 (совместно с НИИЭФА (ГК Росатом)). Циклотрон должен обеспечить ток до 10 мкА при энергии протонов 230 МэВ. MSC-230 может стать первым образцом для серии специализированных медицинских ускорителей подобного типа. Запуск MSC-230 намечен на конец 2024 г.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Работающий прототип циклотрона 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, в частности тестовой сверхпроводящей катушки и источника протонов.

Активности:

Наименование активности Лаборатория (Подразделение)	Руководители Ответственные от лаборатории	Статус
1. Совершенствование методов, технологий, режимов планирования и проведения лучевой терапии ЛЯП	Мицын Г.В.	Реализация
	Агапов А.В., Александрова И.В., Белокопытова К.В., Бреев В.М., Гаевский В.Н., Грицкова Е.А., Густов С.А., Донская Г.В., Клочков И.И., Молоканов А.Г., Писарева С.А., Рзянина А.В., Углова С.С., Швидкий С.В.	
2. Исследования в области фотоинжекционных систем ЛФВЭ	Ноздрин М.А.	Техпроект Реализация
	Шабратов В.Г., Шевелкин А.В.	

Ожидаемые результаты по завершении активности:

Исследование различных «прозрачных» фотокатодов (в первую очередь на базе углерода), создание второго пучка на стенде фотопушки с 213-нм лазером, развитие стенда фотоинжектора: увеличение энергии электронов до 150 кэВ, разработка систем радиационной безопасности, блокировок и управления.

Ожидаемые результаты по активности в текущем году:

Изготовление и исследование электрофизических свойств наноструктурированных углеродных фотокатодов ($\lambda = 213/266$ нм). Сборка и монтаж основных узлов системы измерения эммитанса на стенде фотоинжектора методом «Реррег Рог». Монтаж вакуумной системы и вакуумирование. Разработка, изготовление и монтаж крионасоса для вакуумной системы стенда. Монтаж, наладка и калибровка протопипа высокочувствительного датчика стеночного заряда электронных сгустков наносекундного диапазона. Запуск стенда фотоинжектора с энергией 120 КэВ.

3. Участие в разработке концепции и совместного проекта с ФМБА России создания пилотного научно-клинического центра протонной терапии ЛЯП	Ширков Г.Д.	Подготовка проекта
ЛФВЭ	Ширков С.Г., Яковенко С.Л. 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	НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Барышевский В.Г. + 6 чел.
		ИФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	Выблый Ю.П.
Германия	Гамбург	DESY	Совместные работы	Кульчицкий Ю.А. + 1 чел. Валкер Н. Мних И. Моглиа Ф.
Грузия	Тбилиси	NERI-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. Борисевич И.В. Ларионова И.И. Калинин И.В. Ратманов М.А. Скворцова В.И. Туренко О.Ю. Яковлева Т.В.
		ФМБА	Совместные работы	Осипов А.Н. Гачева Е.И. Зеленогорский В.В. Потемкин А.К. Хазанов Е.А. Исрапилов Д.И.
	Нижний Новгород	ФМБЦ ИПФ РАН	Совместные работы Совместные работы	
	Петропавловск-Камчатский	КамГУ	Соглашение	Макаров Е.О. Дюкина А.Р. Шемяков А.Е.
	Пушино	КФ ФИЦ ЕГС РАН ИТЭБ РАН	Соглашение Совместные работы	Бучарская А.Б. Гуран Й. Брюннинг О. Гейд Ж.К. Мергелькуль Д. Мэно-Дюран Э. Росси Л. Вандевордэ Ш.
Словакия ЦЕРН	Саратов Братислава Женева	СГУ IEE SAS ЦЕРН	Соглашение Соглашение Совместные работы	
ЮАР	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Соглашение	

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

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:

Государства-члены ОИЯИ, государства, участвующие в деятельности ОИЯИ на основе двухсторонних соглашений, международные организации.

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:

1. Совершенствование организации и координации научно-исследовательских работ в ОИЯИ.
2. Анализ итогов деятельности ОИЯИ за 2023 год по основным научным направлениям Института.
3. Обновление, администрирование и поддержание функционирования электронной системы ведения Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ (ПТП). Подготовка к изданию ПТП на 2025 год. Определение приоритетных направлений развития ОИЯИ на 2025 год.
4. Развитие грантовой деятельности ОИЯИ и участия Института в целевых программах финансирования научных исследований в 2024 году.
5. Подготовка аналитических материалов для министерств и ведомств.
6. Развитие и продвижение информационных ресурсов ОИЯИ в сети Интернет. Поддержка системы учета протоколов о научно-техническом сотрудничестве.
7. Содействие реализации права ОИЯИ по самостоятельному присуждению ученых степеней. Поддержка работы диссертационных советов ОИЯИ.
8. Подготовка к изданию отчета ОИЯИ за 2023 год. Подготовка материалов для системы ИНИС.
9. Научно-организационное обеспечение и подготовка материалов руководящих и консультативных органов ОИЯИ.
10. 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.
11. 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.

Направления деятельности Лаборатория (Подразделение)	Руководители Ответственные от подразделения
1. Подготовка к изданию ПТП	Неделько С.Н. Жемчугов А.С. Боклагова Н.А., Коробов Д.С., Кучерка Н.
ДНОД	
2. Обеспечение и совершенствование работы руководящих и консультативных органов ОИЯИ	Неделько С.Н. Куликов О.-А. Богданова Т.В., Боклагова Н.А., Ивашкевич Т.Б., Коробов Д.С., Кучерка Н., Сисакян Н.И.
ДНОД	
ДМС	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. Боклагова Н.А., Дегтярев С.В., Коробов Д.С., Крупа О.В., Сисакян Н.И.
ДНОД	
ДМС	Бадави Е., Кеселис Т.В., Котова А.А., Хведелидзе М., Маркович Д.
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. Боклагова Н.А., Коробов Д.С., Сисакян Н.И.
ДНОД	
5. Поддержка работы диссертационных советов ОИЯИ	Неделько С.Н. Жемчугов А.С. Ивашкевич Т.Б., Сисакян Н.И.
ДНОД	
ЛФВЭ	Белов О.В.
6. Обеспечение деятельности ОИЯИ в рамках внутрироссийских и международных протоколов и соглашений	Неделько С.Н. Куликов О.-А. Дегтярев С.В., Кучерка Н., Сисакян Н.И.
ДНОД	
ДМС	Бадави Е., Кеселис Т.В., Котова А.А.
УНЦ	Каманин Д.В.
7. Обеспечение работы и наполнения Интернет-ресурсов ОИЯИ	Неделько С.Н. Куликов О.-А. Боклагова Н.А., Коробов Д.С., Нанев А.Г., Сисакян Н.И., Старченко Б.М.
ДНОД	
СГУС	Борозна Н.В., Быкова Н.А., 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

ДНОД

**Неделько С.Н.
Жемчугов А.С.**

Асанова Е.С., Кронштадтова И.В., Старченко Б.М.,
Шиманская Ю.Г., Щербакова И.Ю.

9. Подготовка материалов для системы ИНИС

ДНОД

Круглова С.Н.

Старченко Б.М.

10. Международное сотрудничество

ДМС

Куликов О.-А.

Бадави Е., Кеселис Т.В., Колесникова А.Г., Котова А.А.,
Маркович Д.А., Полякова Ю.Н., Хведелидзе М.

ДНОД

Боклагова Н.А., Жемчугов А.С., Коробов Д.С., Кучерка Н.

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, Молдова, 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:

1. Участие в разработке лекционных курсов и семинарских занятий для студентов и аспирантов базовых кафедр в ОИЯИ вузов РФ.
2. Прием на практику студентов и аспирантов в ОИЯИ на основе договоров о сотрудничестве с университетами государств-членов Института и других стран.
3. Обеспечение работы и дальнейшее развитие инженерно-физического практикума для студентов и аспирантов государств-членов и партнеров Института.
4. 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.
5. Обеспечение работы студенческой программы ОИЯИ START, онлайн программы INTEREST, проведение международных студенческих школ и практик.
6. Запуск программ кратковременных научных стажировок для исследователей и инженеров в ОИЯИ ASPYRE
7. Совершенствование лицензированной системы курсов повышения квалификации и переподготовки инженерно-технического персонала Института.
8. Реализация программ повышения квалификации школьных учителей из государств-членов Института.
9. Обеспечение функционирования межшкольного факультатива г. Дубны, взаимодействие с лицеем им. В.Г. Кадышевского и другими образовательными учреждениями и программ естественно-научного направления для школьников.
10. Развитие партнерской сети Информационных центров ОИЯИ.
11. Обеспечение работы программы JEMS.

12. Создание информационных научно-популярных печатных и электронных изданий, популяризирующих Институт и достижения современной науки.
13. Оснащение партнерских университетов и информационных центров ОИЯИ в государствах-членах электронными и печатными материалами.
14. Расширение партнерской сети ОИЯИ через развитие образовательных программ.

Ожидаемые результаты по теме в текущем году:

1. Поддержка и сопровождение учебного процесса на базовых кафедрах российских вузов в ОИЯИ.
2. Поддержка функционирования системы прикрепления к ОИЯИ для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.
3. 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.
4. Организация и проведение студенческой программы ОИЯИ START (летняя и зимняя сессии) и онлайн программы INTEREST (весенняя и осенняя волны).
5. Апробация программы кратковременных научных стажировок для исследователей и инженеров из стран партнеров в ОИЯИ ASPYRE.
6. Организация и проведение совместных специализированных научных мероприятий и школ с университетами-партнерами на базе ОИЯИ.
7. Поддержание и развитие информационной системы о выполнении квалификационных работ студентами и аспирантами из университетов государств-членов в лабораториях Института.
8. 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.
9. Развитие системы курсов русского как иностранного и английского языков для сотрудников ОИЯИ.
10. Проведение курсов повышения квалификации и переподготовки инженерно-технического персонала Института.
11. Организация научных школ для учителей физики из государств-членов Института в ОИЯИ.
12. Расширение образовательных программ для старшеклассников из стран партнеров ОИЯИ.
13. Развитие системы онлайн экскурсий на базовые установки ОИЯИ и видео-конференций с образовательными учреждениями государств-членов Института. Организация и сопровождение групповых экскурсий в ОИЯИ для школьников и студентов.
14. Распространение современных образовательных ресурсов в государствах-членах ОИЯИ.
15. Организация участия ОИЯИ в фестивалях наук на базе университетов страны-местопребывания Института.
16. Расширение партнерской сети Информационных центров ОИЯИ.
17. Организация и проведение программ JEMS в соответствии с программой международного сотрудничества.

Направление деятельности

Лаборатория (Подразделение)
Руководители

1. Организация учебного процесса в ОИЯИ

ЛЯП
Бедняков В.А.
Наумов Д.В.

ЛТФ
Казаков Д.И.

ЛНФ
Лычагин Е.В.
Швецов В.Н.

ЛФВЭ
Бутенко А.В.
Строковский Е.А.
Белов О.В.

Руководители

Ответственные от лаборатории или подразделения

Каманин Д.В.
Верхеев А.Ю.
Жемчугов А.С., Ольшевский А.Г.

Антоненко Н.В.

Авдеев М.В., Белушкин А.В.

Малахов А.И., Сидорин А.О.

ЛЯР
Сидорчук С.И.

ЛИТ
Шматов С.В.
Кореньков В.В.
Стриж Т.А.

ЛРБ
Бугай А.Н.
Красавин Е.А.

Дирекция
Кекелидзе В.Д.
Костов Л.
Гикал Б.Н.

ДМС
Куликов О.А.

2. Популяризация науки и достижений ОИЯИ

ЛЯП

ЛТФ

ЛНФ

ЛФВЭ

ЛЯР

ЛИТ

ЛРБ

Универсальная
библиотека ОИЯИ

3. Инженерно-физический практикум

ЛФВЭ

ЛЯП

ЛЯР

4. Информационные центры ОИЯИ Стажировка JEMS

ЛЯП
Наумов Д.В.

ЛТФ
Антоненко Н.В.

ЛНФ
Швецов В.Н.

ЛФВЭ
Ледницки Р.

ЛЯР
Сидорчук С.И.

Карпов А.В., Попеко А.Г.

Дереновская О.Ю., Пелеванюк И.С., Стрельцова О.И.

Кошлань И.В.

Матвеев В.А., Шарков Б.Ю.

Котова А.А.

Сущевич А.А.

Анфимов Н.В., Ширченко М.В.

Андреев А.В., Фризен А.В.

Храмко К., Худоба Д.М.

Дряблов Д.К.

Гикал К.Б., Карпов А.В.

Пелеванюк И.С.

Колесникова И.А., Северюхин Ю.С., Храмко Т.С.

Пилипенко М.С.

Ноздрин М.А.

Осипов К.Г., Пивин Р.В.

Жемчугов А.С., Трифонов А.Н.

Белозёров Д.С., Бодров А.Ю., Бузмаков В.А., Верламов К.А.,
Гикал К.Б., Злыденный Д.А., Капитонов А.М., Мельник Е.В.,
Папенков К.В., Сабельников А.В., Халкин А.В.,
Щеголев В.Ю.

Каманин Д.В.

Дубовик Е.Н.

Андреев А.В.

Худоба Д.

Сидорин А.О.

Каменски Г., Карпов А.В.

ЛИТ
Дереновская О.Ю.

Пелеванюк И.С.

ЛРБ
Бугай А.Н.

Кошлань И.В.

ДНОД
Неделько С.Н.

Жемчугов А.С.

ДМС
Куликов О.А.

Бадави Е.А., Полякова Ю.Н.

Проект по теме:

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

Проект:

Наименование проекта	Руководитель проекта	Статус
1. Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ ЛФВЭ Чеплаков А.П. Клыгина К.В. Сидоров Н.Е. ЛЯР Карпов А.В. Деникин А.С. ЛРБ Бугай А.Н. Кошлань И.В.	Панебратцев Ю.А. 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. Азнабаев Д., Исатаев Т., Лукьянов С.М., Мендибаев К., Наumenко М.А., Рачков В.А. Гордеев И.С., Давыдов Д.В., Капралов М.И., Крылов В.А., Павлик Е.Е., Розанов А.Ю., Рюмин А.К., Чижов А.В.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Реализация</div>

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, могли бы в значительной мере решить эту проблему. 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:

1. Использование современных образовательных технологий для подготовки студентов университетов и повышения квалификации специалистов для работы в ОИЯИ.
2. Привлечение талантливой молодёжи из стран-участниц и стран, сотрудничающих с ОИЯИ, к участию в исследовательских проектах Института.
3. Внедрение результатов в области фундаментальных и прикладных исследований, полученных в ОИЯИ, в образовательный процесс в странах-участницах и ассоциированных членах ОИЯИ. Расширение географии сотрудничества.

4. Сотрудничество с ведущими мировыми научными центрами и университетами в области создания образовательных ресурсов для учителей физики и школьников старших классов.
5. 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.
6. Создание образовательного и выставочного контента по тематике ОИЯИ на уровне ведущих научных центров.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

1. Информационная поддержка основных направлений фундаментальных и прикладных исследований в ОИЯИ.
2. Создание онлайн-курсов и новых образовательных программ по тематике деятельности Института на современных образовательных платформах.
3. Развитие проекта по созданию виртуальных, дистанционных и лабораторных практикумов для изучения ядерной физики и её прикладных направлений.
4. Развитие выставочной деятельности о достижениях ОИЯИ и современной науке в РФ и странах, сотрудничающих с ОИЯИ.
5. Создание мультимедийных ресурсов и веб-решений для поддержки информационных центров ОИЯИ.
6. Создание электронных учебных материалов и исследовательских лабораторных работ для школьников для изучения физики и биологии на углублённом уровне в школах РФ и странах-партнёрах.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Создание и развитие информационной системы поддержки прикладных исследований на ускорительном комплексе NICA (проект ARIADNA).
2. Создание и развитие веб-ориентированной базы знаний по ядерной физике низких энергий «Nuclear Reaction Video 2.0».
3. Заключение соглашения о сотрудничестве 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).
4. Создание выставочного экспоната — полномасштабной модели магнита коллайдера NICA с использованием компонент реального оборудования и элементов дополненной реальности (AR).
5. Разработка виртуального практикума по радиобиологии для работы с электронным микроскопом на примере исследования микрофоссилий и органических соединений в метеоритах и в древних земных породах.
6. Разработка совместно с iThemba LABS платформы для подключения дистанционных практикумов.
7. Развитие hands-on практикумов и новых виртуальных лабораторных работ по ядерной электронике и основам детектирования ионизирующих частиц.
8. Проведение практик и мастер-классов для студентов университетов.
9. Разработка выставочной экспозиции «JINR – iThemba LABS Corner». Создание серии видеороликов по основам экспериментальной ядерной физики для школьников для экспозиции «JINR – iThemba LABS Corner».
10. Создание электронных учебных материалов для изучения физики на углублённом уровне в 7–9 классах для подготовки будущих инженеров (проект «Физика 7–9. Инженеры будущего»).
11. 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	Мартirosян Р.М. Погосян Г.С.
Беларусь	Гомель	ГГУ	Совместные работы и обмен визитами	Хахомов С.А.
	Минск	БГТУ	Совместные работы и обмен визитами	Войтов И.В.

		НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	Максименко С.А.
Болгария	София	INRNE BAS SU	Совместные работы	Ванков И.
Вьетнам	Ханой	IOP VAST VINATOM	Совместные работы	Райновски Г. Ле Хонг Хиём
Египет	Каир	ASRT	Совместные работы	Винь Ба Лыонг
		EAEA	Совместные работы	Эль Фики Дж.
Казахстан	Алма-Ата	КазНУ	Соглашение	Амр Эль-Хаг
	Астана	ЕНУ	Соглашение	Туймебаев Ж.К.
	Усть-Каменогорск	ВКГУ	Соглашение	Сыдыков Е.Б.
Куба	Гавана	ASC	Совместные работы	Толеген М.А.
Молдова	Кишинев	АНМ МолдГУ	Совместные работы	Хосе Луис Дона
		MNUE	Соглашение	Урсаки В.В.
Монголия	Улан-Батор	NUM	Совместные работы	Шаров И.М.
Россия	Архангельск	САФУ СГМУ	Соглашение	Жанчив Ш. Одмаа С.
	Белгород	БелГУ	Соглашение	Кудряшова Е.В.
	Владивосток	ДФУ	Соглашение	Горбатова Л.Н.
	Владикавказ	СОГУ	Соглашение	Полухин О.Н.
	Воронеж	ВГУ	Соглашени	Коробец Б.Н.
	Грозный	ЧГУ	Соглашение	Огоев А.У.
	Долгопрудный	МФТИ	Соглашение	Ендовицкий Д.А.
	Дубна	Гос. ун-т «Дубна»	Соглашение	Саидов З.А.
	Екатеринбург	УрФУ	Соглашение	Ливанов Д.В.
	Иваново	ИвГУ	Соглашение	Деникин А.С.
	Иркутск	ИГУ	Соглашение	Кокшаров В.А.
	Казань	КФУ	Соглашени	Мальгин А.А.
	Кострома	КГУ	Соглашени	Шмидт А.Ф.
	Краснодар	КубГУ	Соглашение	Таюрский Д.А.
	Москва	МГТУ МГУ НИУ «МЭИ» НИУ ВШЭ НИЯУ «МИФИ» РУДН	Соглашение	Казак М.А. Астапов М.Б.
	Новочеркасск	ЮРГПУ НПИ	Соглашение	Александров А.А.
	Петропавловск-Камчатский	КамГУ	Соглашение	Садовничий В.А.
	Санкт-Петербург	СПбГПУ СПбГУ	Соглашение	Рогалев Н.Д.
			Совместные работы	Анисимов Н.Ю.
			Соглашение	Шевченко В.И.
			Соглашени	Ястребов О.А.
			Соглашение	Разорёнов Ю.И.
			Соглашение	Исрапилов Д.И.
			Соглашение	Рудской А.И.
			Соглашени	Овсянников Д.А.
			Соглашени	Петросян Л.А.
	Самара	СУ	Соглашени	Кропачев Н.М.
	Смоленск	СмолГУ	Соглашени	Богатырев В.Д.
	Томск	ТГУ ТПУ	Совместные работы	Кислякова Е.В.
		ТЛУ	Соглашени	Галажинский Э.В.
	Тула	ТулГУ	Соглашени	Седнев Д.А.
	Якутск	СВФУ	Соглашени	Кравченко О.А.
	Ярославль	ЯрГУ	Соглашени	Николаев А.Н.
Сербия	Нови-Сад	UNS	Совместные работы	Русаков А.И.
	Сремска Каменица	Educons Univ.	Совместные работы	Крмар М.
Тунис	Тунис	АААЭ	Соглашени	Шиданин П.
Узбекистан	Самарканд	СамГУ	Соглашени	Дау М. Умаров С.Я.

ЮАР	Ташкент	АН РУз	Совместные работы	Юлдашев Б.С.
		ТашГТУ	Соглашени	Донаев С.Б.
	Белвилл	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.

Дубненская международная школа современной теоретической физики (DIAS-TH)

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.

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. Дубненская международная школа современной теоретической физики (DIAS-TH)	Казаков Д.И. Пироженко И.Г.	09-3-1117-1-2024/2028

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории
1. Дубненская международная школа современной теоретической физики (DIAS-TH)	Казаков Д.И. Пироженко И.Г.
ЛТФ	Антоненко Н.В., Баушев А.Н., Гнатич М., Давыдов Е.А., Джолос Р.В., Журавлев В.И., Иванов М.А., Исаев А.П., Клименко О.П., Колганова Е.А., Осипов В.А., Савина М.В., Сидоров С.С., Соловцова О.П., Сорин А.С., Старобинский А.А., Теряев О.В., Третьяков П., + 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:

1. 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.
2. 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.
3. Поддержка web-сайта DIAS-TH; обеспечение видеотрансляции лекций; видеозапись лекций, поддержка цифрового архива DIAS-TH.

Ожидаемые результаты по проекту в текущем году:

1. Организация в ЛТФ трех школ по теоретической физике для студентов, аспирантов и молодых ученых:
 - зимней школы «Физика многочастичных систем» (председатель Оргкомитета Теряев О.В.);
 - международной летней школы «Теория интегрируемых и стохастических систем» (председатель Оргкомитета Гнатич М.);
 - международной летней школы «Теория ядра и астрофизические приложения» (председатель Оргкомитета Антоненко Н.В.).
2. Проведение лекций и организация дискуссий и регулярных семинаров для студентов, аспирантов и сотрудников ОИЯИ.
3. Компьютерная обработка видеозаписей лекций, поддержка цифрового архива видеозаписей.
4. 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. Погосян Г.С. + 2 чел.
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 С.
Чехия	Прага	СТУ	Обмен визитами	Бурдик Ч. + 3 чел.

Алфавитный указатель: международное сотрудничество

Австралия

Канберра

АНУ (Австралийский национальный университет | Australian National University | <http://www.anu.edu.au/>), 1131

Перт

УВА (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/>), 1065, 1137, 1138

Австрия

Вена

ИЕРНУ (Институт физики высоких энергий | Institute of High Energy Physics | <http://www.hephy.at/>), 1083

СМИ (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/>), 1077

БГУ /BSU/ (Бакинский государственный университет | Baku State University | <http://bsu.edu.az/>), 1146

ИГТ 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, 1146, 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, 1139

НЦЯИ /NNRC/ (Национальный центр ядерных исследований | National Nuclear Research Center | <http://www.mntm.az/>), 1065, 1149-1, 1088

Албания

Тирана

УТ (Тиранский университет | University of Tirana | <http://www.unitir.edu.al/>), 1146

Аргентина

Барилоче

САВ (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

САНДЛЕРИ (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.yasu.am/>), 1065, 1136, 1137, 1087, 1147, 1077, 1131, 1119, 1107, 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 /IAP 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://iia.sci.am/>), 1118
ИХФ НАН РА /ICP NAS RA/ (Институт химической физики имени 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 /SRCHCN/ (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, 1149-2, 1137, 1138, 1081, 1083, 1087, 1088, 1119, 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, 1131, 1119, 1139

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, 1131, 1107
БГУИР /BSUIR/ (Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» | Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics | <http://www.bsuir.by/>), 1147
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
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, 1127, 1119, 1081, 1086, 1144
ИЭ НАНБ /IE NASB/ (Институт экономики Национальной академии наук Беларуси | Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus | <http://economics.basnet.by/>), 1130
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, 1096, 1065, 1077, 1087, 1144, 1146, 1119, 1107, 1126, 1127, 1139
НПЦ НАНБ по материаловедению /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 | <http://www.physics.by/>), 1149-2, 1137, 1144, 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, 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.phiti.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

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/>), 1065, 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

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

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/>), 1065,
1118, 1149-2, 1135, 1136, 1138, 1066, 1083,
1087, 1146, 1130, 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/>), 1065,
1149-2, 1137

LTD BAS (Лаборатория технического развития
Болгарской академии наук | Laboratory for
Technical Development of the Bulgarian
Academy of Sciences |
<http://www.pronto.phys.bas.bg/>), 1065

NBU (Новый болгарский университет | New
Bulgarian University | <http://www.nbu.bg/>),
1136

NCRPP (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/>), 1065,
1118, 1138, 1066, 1081, 1083, 1087, 1088,
1096, 1144, 1119, 1139

TU-Sofia (Технический университет - София |
Technical University of Sofia |
<http://tu-sofia.bg/>), 1065

UCTM (Химико-технологический и
металлургический университет | University of
Chemical Technology and Metallurgy |
<http://dl.uctm.edu/>), 1149-2, 1097

Ботсвана

Палапые

BIUST (Ботсванский международный
университет науки и технологий | Botswana
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

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 Casa 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

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

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

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, 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 имени 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

УВ (Вуппертальский университет | University of Wuppertal | <http://www.uni-wuppertal.de/>), 1137

Гамбург

DESY (Германский электронный синхротрон DESY Объединения имени 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

ЛУН (Ганноверский университет Вильгельма Лейбница | Leibniz University of Hannover | <http://www.uni-hannover.de/>), 1138

Гейдельберг

МРНК (Институт ядерной физики Общества им. Макса Планка | Max Planck Institute for Nuclear Physics | <http://www.mpi-hd.mpg.de/>), 1130, 1100

Ун-т /Univ./ (Гейдельбергский университет | University of Heidelberg | <http://www.uni-heidelberg.de/>), 1066, 1088

Гисен

ЈЛУ (Гисенский университет им. Юстуса Либиха | Justus Liebig University Giessen | <http://www.uni-giessen.de/>), 1065, 1136

Дармштадт

GSI (Центр исследований тяжелых ионов имени Гельмгольца Объединения имени Гельмгольца | Helmholtz-Centre for the Study of Heavy Ions of the Helmholtz Association | <http://www.gsi.de/>), 1065, 1136, 1085, 1088, 1130

TU Darmstadt (Дармштадтский технический университет | Technical University Darmstadt | <http://www.tu-darmstadt.de/>), 1065, 1149-2, 1136, 1088

Дрезден

HZDR (Центр имени Гельмгольца Дрезден-Россендорф Объединения имени Гельмгольца | Helmholtz-Zentrum Dresden-

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

Rosendorf of the Helmholtz Association | <http://www.hzdr.de/>), 1136
ILK (Институт кондиционирования и охлаждения воздуха Объединения имени Гельмгольца | Institute of Air Handling and Refrigeration of the Helmholtz Association | <http://www.ilkdresden.de/>), 1065
TU Dresden (Дрезденский технический университет | Technical University of Dresden | <http://tu-dresden.de/>), 1136, 1144

Дюссельдорф

HNU (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/>), 1149-2, 1135, 1083

Кёльн

Ун-т /Univ./ (Кёльнский университет | University of Cologne | <http://www.uni-koeln.de/>), 1136

Лейпциг

УоС (Лейпцигский университет | University of Leipzig | <http://www.uni-leipzig.de/>), 1136, 1137, 1138

Майнц

JGU (Майнцкий университет им. Иоганна Гутенберга | Johannes Gutenberg University of Mainz | <http://www.uni-mainz.de/>), 1065, 1136, 1096, 1146, 1126

Мюнстер

WWU (Вестфальский университет им. Вельгельма (Мюнстерский университет) | Westfälische Wilhelms-Universität (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

ИРО (Институт физики Ольденбургского университета | Institute of Physics of the Carl von Ossietzky University of Oldenburg | <http://www.uol.de/en/physics/>), 1138

Потсдам

АЕИ (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/>), 1065, 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

TUFAF (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/>), 1065, 1088

Ун-т /Univ./ (Франкфуртский университет им. Иоганна Вольфганга Гёте | Goethe University of Frankfurt on Main | <http://www.uni-frankfurt.de/>), 1065, 1136, 1088

Цойтен

DESY (Германский электронный синхротрон Объединения имени 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/>), 1065, 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

УоА (Афинский национальный университет имени Каподистрии | National and Kapodistrian University of Athens | <http://www.uoa.gr/>), 1138, 1083, 1088

Ретимнон

УоС (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/>), 1065, 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. Иване 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. Иване Джавахишвили | Ivane Javakhishvili Tbilisi State University | <http://www.tsu.ge/>), 1118, 1146, 1119

UG (Университет Грузии | University of Georgia | <http://www.ug.edu.ge/>), 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/>), 1146

Асуан

Университет Асуана | Aswan University | <http://www.aswu.edu.eg/>, 1132

Гиза

CU (Каирский университет | Cairo University | <http://cu.edu.eg/>), 1065, 1118, 1129, 1149-2, 1136, 1137, 1146, 1119

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

ЕАЕА (Египетское агентство по атомной энергии | Egyptian Atomic Energy Authority | <http://www.eaea.org.eg/>), 1149-2, 1139

ЕСТР (Египетский центр теоретической физики Современного Университета технологий и информации (МТИ) | Egyptian Center for Theoretical Physics of Modern University for Technology and Information (MTI) | <http://www.mti.edu.eg/>), 1065

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

Шибин-эль-Ком

MU (Университет Менуфии | Menoufia University | <http://mu.menoufia.edu.eg/>), 1129, 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 Jerusalem | <http://www.huji.ac.il/>), 1065, 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/>), 1085

Индия

Аиджал

MZU (Университет Мизорам | Mizoram University | <https://mzu.edu.in>), 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/>), 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

ИИТ 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

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

ИИТ 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, 1129, 1130

Патна

NIT Patna (Национальный технологический институт, Патна | National Institute of Technology Patna | <http://www.nitp.ac.in/>), 1149-2

Рупнагар

ИИТ Рорар (Индийский технологический институт Рорар | Indian Institute of Technology Rorar | <http://www.iitrpr.ac.in/>), 1130

Рурки

ИИТ Roorkhee (Индийский технологический институт Рурки | Indian Institute of Technology Roorkee | <https://www.iitr.ac.in/>), 1130

Чандигарх

PU (Пенджабский университет | Panjab University | <http://pu.ac.in/>), 1136, 1083, 1088

Этмадан

Amrita (Амрита Вишва Видьяпитхам (Амрита университет) | Amrita Vishwa Vidyapeetham (Amrita University) | <http://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

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 Барселона | 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

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 | Autonomia 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 Balears 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

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/>), 1118, 1083, 1088

UniBo (Болонский университет | University of Bologna | <http://www.unibo.it/>), 1088

Брешия

Forgiatura Morandini (Forgiatura Morandini | Forgiatura Morandini | <http://www.morandini.it/>), 1065

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 Tusciana | <http://www3.unitus.it/>), 1077

Генуя

ASG (Сверхпроводники | ASG Superconductors D.p.a. | <http://www.as-g.it/>), 1065

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 имени 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, 1144, 1127

UniPi (Пизанский университет | University of Pisa | <http://www.unipi.it/>), 1144

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/>), 1065, 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, 1144

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, 1129, 1149-2, 1136, 1096, 1144, 1146, 1130, 1147, 1119

КазНУ /KazNU/ (Казахский национальный университет имени аль-Фараби | Al-Farabi Kazakh National University | <http://www.kaznu.kz/>), 1136, 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.ietsp.kz/>), 1119

ФТИ /IPT/ (Научно-исследовательская организация «Физико-технический институт» | Physics - Technical 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 Николаевича Гумилёва | L.N. Gumilyov Eurasian National University | <http://www.enu.kz/>), 1129, 1146, 1131, 1119, 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

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

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

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, 1130

Пекин

«Tsinghua» (Университет Цинхуа | Tsinghua University | <http://www.tsinghua.edu.cn/>), 1065, 1083

CIAE (Китайский институт атомной энергии | China Institute of Atomic Energy | <http://www.ciae.ac.cn/>), 1065, 1136, 1087, 1088, 1119

IHEP CAS (Институт физики высоких энергий Китайской академии наук | Institute of High Energy Physics of the Chinese Academy of Sciences | <http://www.ihep.ac.cn/>), 1065, 1118, 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

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, 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

Хэньян

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/>), 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/>), 1147

CEADEN (Центр технологических применений и ядерных разработок | Centre of Technological Applications and Nuclear Development | <http://www.ceaden.cu/>), 1088

InSTEC (Высший институт технологий и прикладных наук | Higher Institute of Technologies and Applied Sciences | <http://www.instec.cu/>), 1065, 1149-2

UH | University of Havana | <http://www.uh.cu/>, 1146

Сан-Хосе-де-лас-Лажас

CENTIS (Изотопный центр «ЦЕНТИЗ» | Center of Isotopes «CENTIS» | <http://www.centis.cu/>), 1077

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, 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

RENAM (Ассоциация исследовательских и образовательных сетей Молдовы | Research and Educational Networking Association of Moldova | <http://www.renam.md/>), 1118

АНМ /ASM/ (Академия наук Молдовы | Academy of Sciences of Moldova | <http://www.asm.md/>), 1139

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

ИМИ /IMCS/ (Институт математики и информатики Владимира Андрунакиевича | Vladimir Andrunachievici Institute of Mathematics and Computer Science | <http://www.math.md/>), 1118

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/>), 1065, 1118, 1107, 1127, 1139

Монголия

Улан-Батор

CGL (Центральная геологическая лаборатория | Central Geological Laboratory | <http://cengeolab.com/>), 1146, 1130

IMDT MAS (Институт математики и цифровых технологий 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 технологий 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/>), 1139

MUST (Монгольский университет науки и технологий | 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/>), 1129, 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 Кентерберри | 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/>), 1065, 1066, 1085, 1088

Вроцлав

ILT&SR PAS (Институт низких температур и структурных исследований Польской академии наук | Institute of Low Temperature and Structure Research of the Polish Academy of Sciences | <http://www.intibs.pl/>), 1065

UW (Вроцлавский университет | University of Wrocław | <http://www.uni.wroc.pl/>), 1065, 1138, 1146

WUT (Вроцлавский технологический университет | Wrocław 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 Łódź | <http://www.uni.lodz.pl/>), 1146

Люблин

UMCS (Университет им. Марии Кюри-Склодовской | Marie Curie-Skłodowska University in Lublin | <http://www.umcs.pl/>), 1136, 1146

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/>), 1065, 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

Хожув

Frako-Term (Исследовательско-внедренческое предприятие «Фрако-Терм» | Frako-Term LTD Company is a Research and Development | <http://frakoterm.pl/pl/>), 1065

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

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

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 Сонгюнган | 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

Тэгу

KNU (Кёнбукский национальный университет | Kyungpook National University | <http://en.knu.ac.kr/>), 1136

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.V. 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, 1139

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 /IFE 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/>), 1065, 1135, 1136, 1147, 1077, 1119, 1139

ИАПУ ДВО РАН /IACP FEB RAS/ (Федеральное бюджетное государственное учреждение науки Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук | Institute of Automation and Control Processes FEB RAS | <https://www.iacr.dvo.ru/>), 1118
ТИБОХ /PIBOS/ (Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова Дальневосточного отделения РАН | G.V. 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» | Vladikavkaz Technological Centre «Baspik» | <http://baspik.all.biz/>), 1087
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, 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» | <http://www.pnpi.spb.ru/>), 1065, 1118, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1136, 1083, 1085, 1088, 1146, 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 имени 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 госкорпорации «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, 1136, 1138, 1083, 1146, 1131, 1107, 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

PELCOM (ООО «Пелком Дубна Машиностроительный завод» | «Pelcom Dubna Mashinostroitelnny Zavod» | <http://pelcom.ru/>), 1065
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, 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/>), 1107

ИФТП /IPTR/ (Акционерное общество «Институт физико-технических проблем» госкорпорации «Росатом» | Institute of Physical and Technical Problems JSC | <https://iftp.ru/>), 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

ФНИИЯФ МГУ /BSINP MSU/ (Филиал Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцина Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова | Branch of the Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of the Lomonosov Moscow State University | <http://www.msu.dubna.ru/>), 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.rscs.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 имени 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

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 имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук» | Federal State Budgetary Institution of Science «Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» | <http://www.idstu.irk.ru/>), 1135

ЛИН СО РАН /LI SB RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук» | Federal State Budgetary Institution of Science «Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» | <http://www.lin.irk.ru/>), 1146

Казань

КНИТУ /KNRTU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» | Kazan National Research Technological University | <http://www.kstu.ru/>), 1149-2

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, 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>), 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 имени

- 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, 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 «МК»/ (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://nrcki.ru/>), 1149-2
- ГПКС /RSCC/ (Федеральное государственное унитарное предприятие «Космическая связь» | Federal State Unitary Enterprise «Russian Satellite Communications Company» | <http://www.rscs.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 /ИВМС/ (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
- 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
- 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 Computers 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, 1131, 1107
- 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 /ИТР RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук» | Federal State Budgetary Institution 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 /ИЕРТ 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 /ИТЕР/ (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, 1129, 1138, 1066, 1081, 1083, 1087, 1088, 1146, 1100, 1131, 1119, 1107, 1117
- ИФЗ РАН /IRE 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
- 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
- МПГУ /MPGU/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский педагогический государственный университет" | Moscow State Pedagogical University | <http://mpgu.su/home/>), 1131
- 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/>), 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, 1131, 1119, 1139, 1117
- МИАН /MI RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Математический институт им. В.А. Стеклова Российской академии наук» | Federal State Budgetary Institution of Science «Steklov Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences» | <http://www.mi.ras.ru/>), 1138, 1117
- МИРЭА /MIREA/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «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
- 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
- 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.jssc.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.sccc.msu.ru/>), 1118, 1119
- НИИ фармакологии /SF IPh/ (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт фармакологии имени В.В. Заварова» | Federal State Budgetary Institution

- of Science «State Foundation Institute of Pharmacology» | <http://www.academpharm.ru/>), 1077
- НИИВС /RIVS/ (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток имени И.И. Мечникова» | I.I. Mechnikov Research Institute of Vaccines and Sera | <http://www.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, 1087, 1088, 1086, 1099, 1146, 1130, 1077, 1119, 1107, 1117
- НИКИЭТ /NIKIET/ (Акционерное общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н.А. Доллежала» | Joint Stock Company «N.A. Dollezhal Research and Development Institute of Power Engineering» | <http://www.nikiet.ru/>), 1149-1, 1149-4, 1083
- НИТУ «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
- 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, 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, 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, 1129, 1149-2, 1136, 1066, 1083, 1088, 1086, 1119, 1126, 1107, 1139
- ОИВТ РАН /JIHT RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоки» | 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, 1144, 1077
- РНИМУ /RSMU/ (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени 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, 1131, 1119, 1139
- РЭУ/ PRUE/ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» | Plekhanov Russian University of Economics | <https://www.rea.ru/>), 1118
- 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

СНИИП-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

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, 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 имени А.И. Бурназяна» ФМБА России | Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency | <http://fmbafmbc.ru/>), 1077, 1131, 1107, 1127

ЦВТД /HTDC/ (Общество с ограниченной ответственностью «Центр высокотехнологичной диагностики» Предприятие Госкорпорации «Росатом» | High-Tech Diagnostic Centre), 1129

Москва, Зеленоград

«Ангстрем» /«Angstrom»/ (Акционерное Общество «Ангстрем» | JSC «Angstrom» | <https://www.angstrom.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, 1129, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1135, 1136, 1083, 1087, 1088, 1096, 1097, 1144, 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

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. Алексева» | 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 /VIC 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, 1129, 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, 1083, 1144

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 наук» | Synchrotron Radiation Facility - Siberian Circular Photon Source «SKIF» Boreskov Institute of Catalysis of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences | <https://srf-skif.ru/>), 1118

Новочеркасск

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 /NMRRС/ (Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России | А. Tsyb

National Medical Research Radiological Center
| <https://mrrc.nmicr.ru/>), 1077, 1107

ФЭИ /ИРРЕ/ (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 /ОмSU/ (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

Переславль-Залесский

ИПС РАН /PSI RAS/ (Федеральное
государственное бюджетное учреждение
науки «Институт программных систем им.
А.К. Айламазяна Российской академии наук»
| Federal State Budgetary Institution of Science
«Aylamazyan Program Systems Institute of the
Russian Academy of Sciences» |
<http://skif.pereslavl.ru/psi-info/>), 1118

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 /ИHEP/ (Федеральное государственное
бюджетное учреждение «Институт физики
высоких энергий имени А.А. Логунова»
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт») | Federal State
Budgetary Institution «Russian Federation State
Scientific Centre - Institute for High Energy
Physics» of the National Research Centre
«Kurchatov Institute» | <http://www.ihep.su/>),
1065, 1118, 1135, 1137, 1138, 1066, 1081,
1083, 1085, 1087, 1088, 1096, 1086, 1126,
1119, 1117

Пушино

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.pbcra.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

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

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

ИФ РАН /IPh RAS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН» | Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences | <https://www.infran.ru/>), 1077

Нева-Магнит /Neva-Magnet/ (Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «Нева-Магнит» | Neva-Magnet S&E, Ltd | <http://www.magnet.spb.su/>), 1065

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 /NIEFA/ (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.1spbgbmu.ru/>), 1147

РИ /KRI/ (Акционерное общество «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина» | V.G. Khlopin Radium Institute | <http://www.khlopin.ru/>), 1065, 1146, 1130

СЗОНКЦ /NWRSCC/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени 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 имени С.М. Кирова» | Saint Petersburg State Forest Technical University | <http://spbftu.ru/>), 1146, 1139

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

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 /ETU/ (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
- Ун-т ИТМО /ITMO Univ./ (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.ifmo.ru/>), 1118
- 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» имени 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.crismprometey.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. академика С.П. Королева» | Samara National Research University | <http://www.ssau.ru/>), 1065, 1118, 1139
- 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, 1117, 1127
- Саров**
ВНИИЭФ /VNIIEF/ (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/>), 1129, 1088, 1130
- Севастополь**
ИнБЮМ /IBSS/ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» | Federal Research Center «A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS» | <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 имени академика Е.И. Забабахина | Russian Federal Nuclear Centre - All-Russian Scientific Research Institute of Technical Physics | <http://www.vniitf.ru/>), 1129, 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

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, 1086

Тверь

ТвГУ /TvSU/ (Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Тверской
государственный университет» | Tver State
University | <http://tversu.ru/>), 1119

Томск

НИИ ЯФ ТПУ /NPI TPU/ (Научно-
исследовательский институт ядерной физики
Национального исследовательского
Томского политехнического университета |
Nuclear Physics Institute of the National
Research Tomsk Polytechnic University |
<http://www.npi.tpu.ru/>), 1065

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, 1083, 1126, 1139

ТПУ /TPU/ (Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный
исследовательский Томский
политехнический университет» | National
Research Tomsk Polytechnic University |
<http://tpu.ru/>), 1136, 1138, 1083, 1087, 1096,
1119, 1107, 1126, 1139, 1117

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

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 /ITP 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/>), 1065, 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 имени 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/>), 1065, 1149-1, 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/>), 1065, 1149-2, 1149-3, 1149-4, 1097, 1146

UB (Бухарестский университет | University of Bucharest | <http://www.unibuc.ro/>), 1149-2, 1136, 1137, 1087, 1146

UMF (Медицинский и фармацевтический университет «Карол Давила» - Бухарест | «Carol Davila» University of Medicine and Pharmacy Bucharest | <http://www.umf.ro/>), 1077

UPB (Политехнический университет Бухареста | University Politehnica of Bucharest | <http://www.upb.ro/>), 1088, 1146

Галац

DJUG (Университет «Dunărea de Jos» в Галаце | «Dunărea de Jos» University of Galați | <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

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

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

УОС («Овидий» Университет Констанцы | «Ovidius» University of Constanta | <http://www.univ-ovidius.ro/>), 1146

Крайова

UC (Крайовский университет | University of Craiova | <http://www.ucv.ro/en/>), 1149-2

Мэгуреле

INOE2000 (Национальный научно-исследовательский институт оптоэлектроники | National Institute for Research and Development in Optoelectronics | <http://www.inoe.ro/>), 1065

ISS (Институт космических исследований | Institute of Space Science | <http://www2.space-science.ro/>), 1087, 1088, 1099, 1146

NIMP (Национальный институт физики материалов | National Institute of Materials Physics | <http://www.infim.ro/>), 1149-2, 1146

Орадя

УО (Университет Орадя | University of Oradea | <http://www.uoradea.ro/>), 1146

Питешти

ICN (Институт ядерных исследований в Питешти | Institute for Nuclear Research - Pitești | <http://www.nuclear.ro/>), 1146

UPIT (Государственный университет Питешти | University of Pitești | <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

Сибю

ULBS (Университет «Лучиан Блага» в Сибю | 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 Timișoara | <http://www.uvt.ro/>), 1149-2, 1137, 1146

Тулча

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 Târgoviște | <http://www.valahia.ro/>), 1149-2, 1149-3, 1146

Яссы

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 Iași | <http://www.tuiasi.ro/>), 1149-2

UAI (Университет «Аполлония» в Яссах | University «Apollonia» of Iași | <http://univapollonia.ro/>), 1149-2

UAIC (Ясский университет имени А. И. Кузы | Alexandru Ioan Cuza University of Iași | <http://www.uaic.ro/>), 1149-2, 1146

IULS (Ясский университет естественных наук «Ион Ионеску де ла Брад» | «Ion Ionescu de la Brad» Iași University of Life Sciences | <https://iuls.ro/>), 1149-2

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

АОВ (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/>), 1129, 1149-2, 1135, 1137, 1083, 1077, 1131

IORS (Институт онкологии и радиологии Сербии | Institute of oncology and radiology of Serbia | <https://www.ncrc.ac.rs/>), 1077

IPB (Институт физики Белградского университета | Institute of Physics Belgrade of the University of Belgrade | <http://www.phy.bg.ac.rs/>), 1136, 1146

Ун-т /Univ./ (Белградский университет | University of Belgrade | <http://www.bg.ac.rs/>), 1065, 1146, 1147, 1077, 1119

Крагуевац

UniKг (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/>), 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

IMS SAS (Институт проблем измерений Словацкой академии наук | Institute of Measurement Science of the Slovak Academy of Sciences | <http://www.um.sav.sk/>), 1065

IP SAS (Институт физики Словацкой академии наук | Institute of Physics of the Slovak Academy of Sciences | <http://www.fu.sav.sk/>), 1135, 1136, 1081, 1087, 1097, 1146

Жилина

UNIZA (Жилинский университет | University of Žilina | <http://www.uniza.sk/>), 1065, 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

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, 1087

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/>), 1065, 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 Accelerator Laboratory | <http://www.fnal.gov/>), 1065, 1118, 1083, 1099, 1144

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

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

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, 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 | Аргонн | <http://www.anl.gov/>), 1066, 1081, 1144

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/>), 1065, 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, 1144

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

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 (Иллинойский 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, 1144

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/ (Гаджикский технический университет им. академика 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 Mongkut'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

АААЭ (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 | КТО Karatay University | <https://www.karatay.edu.tr/>), 1088

Стамбул

BU (Босфорский университет | Boğaziçi University | <http://www.boun.edu.tr/>), 1083

YTU (Технический университет Йылдыз | Yildiz 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 | <http://jdpu.uz/>), 1087

ДФНУУ /JBNUU/ (Джизакский филиал Национального университета Узбекистана имени 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 Sharov Rashidov | <http://www.samdu.uz/>), 1087, 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, 1083, 1097, 1146, 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.» РТИ/ (Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» им. академика 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

Украина*

Киев

ИТФ НАНУ /BITP NASU/ (Институт теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова Национальной академии наук Украины | N.N. Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine | <http://bitp.kiev.ua/>), 1065, 1088, 1086

ИЯИ НАНУ /KINR NASU/ (Институт ядерных исследований Национальной академии наук Украины | Kiev Institute for Nuclear Research of the National Academy of Sciences of Ukraine | <http://www.kinr.kiev.ua/>), 1136

КНУ /NUK/ (Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко | Taras

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

Shevchenko National University of Kyiv | <http://www.univ.kiev.ua/>), 1136

Харьков

ИСМА НАНУ /ISMA NASU/ (Институт сцинтилляционных материалов Национальной академии наук Украины | Institute for Scintillation Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine | <http://www.isma.kharkov.ua/>), 1065

ННЦ ХФТИ /NSC KИPT/ (Национальный научный центр - Харьковский физико-технический институт | National Science Centre - Kharkov Institute of Physics and Technology | <http://www.kipt.kharkov.ua/>), 1065, 1088

СТУ /LTU/ (Компания «Светодиодные технологии Украина» | Company «LED, Technologies Ukraine» | <http://ltu.ua/>), 1065

ХНУ /KhNU/ (Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина | V.N. Karasin Kharkov National University | <http://www.univer.kharkov.ua/>), 1065

Финляндия

Йювяскюля

УИ (Университет Йювяскюля | University of Jyväskylä | <http://www.jyu.fi/>), 1088, 1146

Лаппеэнранта

ЛУТ (Технологический университет Лаппеэнранта | Lappeenranta-Lahti University of Technology | <https://www.lut.fi/>), 1083

Оулу

УО (Университет Оулу; Лаборатория микроэлектронных приборов | University of Oulu; Microelectronics Instrumentation Laboratory | <http://www.oulu.fi/>), 1146

Хельсинки

НИР (Хельсинский институт физики | Helsinki Institute of Physics | <http://www.hip.fi/>), 1135, 1083, 1088

УИ (Хельсинский университет | University of Helsinki | <http://www.helsinki.fi/>), 1137, 1083

Франция

Анже

УА (Университет Анже | University of Angers | <https://www.univ-angers.fr/>), 1137

Аннеси-ле-Вье

ЛАРР (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

СС IN2P3 (IN2P3 вычислительный центр | IN2P3 Computing Center | <https://cc.in2p3.fr/>), 1088

Гренобль

СНРС (Национальный центр научных исследований | National Centre of Scientific Research | <http://www.cnrs.fr/>), 1100

ИБС (Институт структурной биологии | Institute of Structural Biology | <http://www.ibs.fr/>), 1149-2

ИЛЛ (Институт Лауэ-Ланжевена | Institute Laue-Langevin | <http://www.ill.eu/>), 1149-2, 1149-4, 1146, 1100

ЛРС (Лаборатория субатомной физики и космологии | Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie | <http://lpsc.in2p3.fr/>), 1088, 1146

Неель (Институт Нееля | Institute Neel | <https://neel.cnrs.fr/>), 1100

Жив-сюр-Иветт

СЕА (Комиссариат по атомной и альтернативным видам энергии | Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives | <https://www.cea.fr/>), 1100

Кадараш

СС СЕА (Научно-исследовательский центр Уполномоченного по атомной энергии и альтернативным источникам энергии Кадараш | Centre de Recherche du Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives Cadarache | <http://cadarache.cea.fr/cad/>), 1146

Кан

ГАНИЛ (Большой национальный ускоритель тяжелых ионов | Grand National Heavy Ion Accelerator | <http://www.ganil-spiral2.eu/>), 1136

ЛРС (Лаборатория корпускулярной физики в г. Кан | Laboratoire de physique corpusculaire - Caen | <https://www.lpc-caen.in2p3.fr/>), 1100

Клермон-Ферран

ЛРС (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 | Université de Lyon | <http://www.universite-lyon.fr/>), 1083, 1088, 1100

Марсель

CPMM (Центр по физике частиц в Марселе | Centre de Physique des Particules de Marseille | <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/>), 1065, 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

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/>), 1144

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 Strasbourg - IN2P3/CNRS | <http://www.iphc.cnrs.fr/>), 1083, 1088, 1146

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/>), 1065, 1118, 1138, 1081, 1083, 1085, 1087, 1088, 1096, 1146, 1119, 1127, 1139

Черногория

Подгорица

Ун-т /Univ./ (Университет Черногории | University of Montenegro | <http://www.ucg.ac.me/>), 1083

Чехия*

Витковице

VHM (Тяжелое машиностроение | Vitkovice Heavy Machinery a.s. | <http://www.vitkovice.cz/>), 1065

Гусинец

ÚJV Řež (Институт ядерных исследований Ржеж | Nuclear Research Institute Řež | <https://www.ujv.cz/en/>), 1149-3

Либерец

TUL (Либерецкий технический университет | Technical University of Liberec | <http://www.tul.cz/>), 1065

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

BC CAS (Биологический центр Академии наук Чехии | Biology Centre of the Czech Academy of Sciences | <https://www.bc.cas.cz/>), 1149-2

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/>), 1065, 1148, 1149-2, 1138, 1085, 1088, 1086, 1146, 1100, 1126, 1117

CU (Карлов университет в Праге | Charles University in Prague | <http://www.cuni.cz/>), 1065, 1149-2, 1136, 1066, 1081, 1083, 1085, 1096, 1086, 1099, 1144, 1100

IEAP STU (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, 1066, 1088

VP (Объединение «Вакуум-ПРАГА» | Vacuum PRAGUE | <http://www.vakuum.cz/>), 1065

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/>), 1149-3, 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 (Университет Андреса Белло | Universidad Andres Bello | <https://www.unab.cl/en/>), 1065, 1135

Швейцария

Берн

Uni Bern (Бернский университет | University of Bern | <http://www.unibe.ch/>), 1099

Виллиген

PSI (Институт Пауля Шерпера | Paul Scherrer Institute | <http://www.psi.ch/>), 1149-2, 1083, 1144, 1146, 1130, 1100

* Сотрудничество может быть ограничено условиями, принятыми государством в одностороннем порядке

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, 1144

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

LU (Лундский университет | Lund University | <http://www.lu.se/>), 1136, 1088

Стокгольм

SU (Стокгольмский университет | Stockholm University | <http://www.su.se/>), 1065

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

НИСРВ (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

UJ (Йоханнесбургский университет | University of Johannesburg | <http://www.uj.ac.za/>), 1065

WITS (Университет Витватерсранда | University of the Witwatersrand | <http://www.wits.ac.za/>), 1065, 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

UP (Преторийский университет | University of Pretoria | <http://up.ac.za/>), 1149-2, 1149-4, 1136, 1131

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, 1131, 1107, 1127, 1139

Стелленбос

SU (Стелленбосский университет | Stellenbosch University | <http://www.sun.ac.za/>), 1065, 1129, 1136, 1146, 1131, 1107, 1139

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/>), 1065, 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, 1086

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, 1144

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, 1144, 1088

Waseda Univ. (Университет Васэда | Waseda University | <http://www.waseda.jp/>), 1149-2

Уцунумия

UU (Университет Уцунумии | 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

КЕК (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