



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. Джелепова (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 Водопьянов 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	1500
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)	
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., Ходжибагиан Г.Г.).....10
2.	02-1-1065-2-2012/2026	VM@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 ВJN (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., Ледниcki P.)	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	COMET (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 LPLAC (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.
Тузинов 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., Тракин 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., 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., 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.,
 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., 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. Тузиков 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., Ахмадриялов 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., Есаулов 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., Копченков 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., Мялковский В.В., Наумов О.Е., Неаполитанский Д.В., Негей Е.А., Нестеров А.В., Нефедов О.А., Нефедьев С.И., Никитин А.М., Никифоров Д.Н., Николайчук И.Ю., Новиков М.С., Ноженко Ю.М., Носов К.А., 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., Тальзин 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. BM@N

Капишин М.Н.

Реализация

2.1. Развитие технологической зоны установки: усиление радиационной защиты, совершенствование детекторных подсистем инженерной инфраструктуры

Анисимов С.Ю.
Капишин М.Н.
Пиядин С.М.

Реализация

2.2. Создание базового комплекса детекторов установки ВМ@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

Абрамян 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., Ледниcki P., Ленивенко В.В., Маканькин А.М., Малахов А.И., Марговицкий Е.В., Мерц С.П., Мурын 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 ВМ@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 ВМ@N во взаимодействиях выведенных пучков ионов Нуклотрона с фиксированными мишенями.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Ввод в действие установки ВМ@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 ВМ@N к физическому сеансу в пучке тяжелых ионов, выведенном из Нуклотрона. Получение новых экспериментальных данных на установке ВМ@N в пучке тяжелых ионов. Анализ новых экспериментальных данных, зарегистрированных на установке ВМ@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., Лукстиныш 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., Ходжибагиян 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., Куклин С.Н., Слепнев В.М., Тарасов Н.А., Терлецкий А.В., Федюнин А.А., Филиппов И.А., Шутов А.Б., Щипунов А.В.	
3.4. Разработка физической программы MPD	Рябов В.Г. Колесников В.И. Зинченко А.И.	<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 TPC, времяпролетный детектор FFD-TOF, электромагнитный калориметр ECal и передние адронные калориметры FHCAL. Проведение технического сеанса на пучках коллайдера НИКА для настройки всех подсистем экспериментальной установки MPD, 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 TPC, 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 A+A 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., Корзенов А.Ю., Коровкин Р.С., Костюхов Е.В., Копылов Ю.А., Крамаренко В.А., Ладыгин Е.А., Ледницкий Р., Ливанов А.Н., Лысан В.М., Маканькин 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., Чмиль 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., Пелеванок 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., Воронок 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., Мурин Ю.А., Шабратов В.Г.	

ЛЯП	Бруква А.Е., Госткин М.И., Демин Д.Л., Кручонок В.Г., Пороховой С.Ю., Самофалова Я.А., Трифонов А.Н., Юненко К.Е.	
4. Сооружение и развитие инфраструктуры для прикладных 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 общетеchnологических сетей с целью повышения их экономичности и эффективности

**Агапов Н.Н.
Семи́н 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., Ходжибагиян 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
ИФ НАНБ
НИИ ЯП БГУ

Совместные работы
Соглашение
Совместные работы и обмен визитами
Совместные работы и обмен визитами
Совместные работы и обмен визитами

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

Болгария

Благоевград
Пловдив

SWU
PU

Совместные работы
Соглашение

Станоева Р.
Зайцева Е.
Турийски В.

София

INRNE BAS
ISSP BAS
LTD BAS

Совместные работы
Совместные работы
Соглашение
Совместные работы

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

	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. Трашук Т. Тройнер Е. Алвеар-Терреро Д. Блашке Д. Кшиштоф Р. Фишер Т. Халупка М. Шукла У. Белевич М. Хвасчевски С. + 3 чел.
	Вроцлав	ILT&SR PAS UW	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.
	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Соглашение	Кашук А.П. Ким В. Рябов В. Федин О.Л. Ким В. + 11 чел.
Россия	Хожув Белгород	Frako-Term БелГУ	Совместные работы Совместные работы	Аушев Т. + 1 чел. Мотузюк В.В. Шишкин А.В.
	Владивосток Владикавказ	ДВФУ СОГУ	Соглашение Совместные работы	
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Совместные работы	
	Долгопрудный Дубна Жуковский	МФТИ PELCOM ТЕХНОЛОГИЯ	Соглашение Совместные работы Соглашение Соглашение	

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	Ставинский А.В. + 7 чел. Сосновцев В. + 13 чел. Нигматкулов Г. + 18 чел.
	ФИАН	Соглашение 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.
Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Соглашение Совместные работы	Куркин Г.Я. + 10 чел. Медведко А.С. Мезенцев Н.А. Пархомчук В.В. Пята Е. Трибендис А.В. + 10 чел. Шагунов Ю.М.
Новочеркасск	НТЛ «Заряд»	Соглашение	Кондратенко А.М. Кондратенко М.А.
Протвино	ЮРГПУ НПИ ИФВЭ	Соглашение Совместные работы	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.
Санкт-Петербург	Нева-Магнит	Соглашение	Кошурников Е.К. + 5 чел.
	РИ	Соглашение	Батенков О.И. Вещиков А.С.
	СПбГПУ СПбГУ	Совместные работы Совместные работы	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.
Самара	СУ	Совместные работы	Прокофьев Н.А. Прохорова Д.С. Феофилов Г.А. Долгополов М. Карпишков А. Нефедов М. Салеев В.А. Шипилова А.В.
Сыктывкар	ОМ Коми НЦ УрО РАН	Совместные работы	Кутов А.Ю.
Томск	НИИ ЯФ ТПУ ТГУ	Совместные работы Совместные работы	Пивоваров Ю.А. Василишин Б. Дусаев Р. Жевлаков А.

				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. Зрубец В. + 5 чел. Ондриш Л. + 6 чел. Трписова Б. Янек М. Вокал С. Маргинска 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. Лященко 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	VNM	Соглашение	Брож И. Бурда П. Гайда Я. Хавранек Я. Цибулкова Е.
	Либерец	TUL	Совместные работы	Шульц М.
	Оломоуц	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. Проходка М. Слунечка М. Слунечкова В. Степанкова Х. Фингер М. Хрусовски Я. Яндек М.
		CU	Совместные работы	Хедбавны П. Вагнер В. + 4 чел. Кушпиль В. Кушпиль С. Михайлов В. Свобода О. Тлусты П. Кулешов С. + 5 чел.
	Ржеж	VP NPI CAS	Совместные работы 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.
	Сомерсет-Уэст	WITS iThemba LABS	Совместные работы Совместные работы	Мелладо Б. + 5 чел. Вандевурд Ш. + 3 чел. Джонс П. + 5 чел.
	Стелленбос	SU	Совместные работы	Стодарт Н. Бэйли Т. Ньюман Р.
Япония	Нагоя	Nagoya Univ.	Совместные работы	Ивата Т. Хорикава Н.
	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 км^3 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
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., Елзов 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 км^3 на озере Байкал. Исследование потоков нейтрино высоких энергий из космоса, поиск гипотетических частиц-магнитных монополей, а также частиц - кандидатов на роль темной материи. Большой объем детектирования в комбинации с высоким угловым и энергетическим разрешением и умеренные фоновые условия, характерные для пресной воды, позволяют вести эффективные исследования 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 постройка 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.
	Москва	НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Кожин В.А. Николаев А.С. Скурихин А.В. Чепурнов А.С. Широков Е.В.
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. Дворницки 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 NISA, 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., Кутровский 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., Медянцев 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 HуbriLIT, 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 SVMFS. 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.
		РЭУ	Совместные работы	Валентей С.Д.
	Москва, Троицк	ФИЦ ИУ РАН	Совместные работы	Соколов И.А.
		ИЯИ РАН	Совместные работы	Каравичев О.В. 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.
		ЦКП «СКИФ»	Совместные работы	Зубавичус Я.В. Левичев Е.Б. Потеряев В.С.
	Переславль-Залесский	ИПС РАН	Совместные работы	Абрамов С.М.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Гусев В.В. 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	ASGCCA	Совместные работы	Лин С.

Узбекистан	Ташкент	АН РУз ИЯФ АН РУз	Совместные работы Совместные работы	Юлдашев Б.С. Садыков 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., Веровочкин В.А., Воробьев И.В., Быков А.Н., Гикал К.Б., Жукова А.О., Забанов А.С., Загребаева С.И., Зинченко С.Ю., Иваненко И.А., Иванов Г.Н. Иткис Ю.М., Казаринов Н.Ю., Кленов Е.А., 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.
	Нижегород	ИПФ РАН	Совместные работы	Голубев С.В. + 5 чел.	
		Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Соглашение	Литвак А.Г.
	Санкт-Петербург	ИАП РАН	Совместные работы	Логачев П.В. + 5 чел.	
		НИИЭФА	Совместные работы	Явор М.И. + 1 чел.	
		Саров	ВНИИЭФ	Совместные работы	Строкач А.П. + 12 чел.
		Снежинск	РФЯЦ-ВНИИТФ	Совместные работы	Сычевский С.Е.
Сербия	Белград		Совместные работы	Юхимчук А.А. + 3 чел.	
			Совместные работы	Мамаев И.В. + 3 чел.	
			Совместные работы	Беличев П.	
ЮАР	Порт-Элизабет	NMU	Совместные работы	Вуевич В.	
		iThemba LABS	Совместные работы	Петрович С.	
	Фандербейлпарк		Совместные работы	Фарук С.	
			Совместные работы	Барк Р.	
			Совместные работы	Махатхيني Л.	
Стелленбос	SU	Совместные работы	Мира Дж.		
Фандербейлпарк	VUT	Совместные работы	Барнард А. + 2 чел.		
			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.

Исследуемая 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 стенов.

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 ВJN (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 (КГУ 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 ВЈN (Байорек-Яник-Натканец) на реакторе ИБР-2

Худоба Д.М.

Реализация

ЛНФ

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 ВЈN (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 ВЈN, 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	CU	Совместные работы	Свейлам Н.Х. + 1 чел.
	Каир	ASU	Совместные работы	Медхат И. + 3 чел. Ханан Эль Х. + 3 чел.
Индия	Патна	EAEA	Совместные работы	Элбахрави М.
		NIT Patna	Совместные работы	Маджумдер С.
Испания	Барселона	ICMAB-CSIC	Совместные работы	Фина И. + 1 чел.
	Лехона	BCMaterials	Соглашение	Лансерос-Мендес С. + 2 чел.
Италия	Мадрид	CENIM-CSIC	Совместные работы	Фернандес Р. + 1 чел.
	Мессина	UniMe	Совместные работы	Ломбардо Д.
Казахстан	Алма-Ата	ИЯФ	Совместные работы	Козловский А.Л. + 3 чел.
			Соглашение	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. Сэвжидеурэн Г.
Польша	Белосток	UwB	Совместные работы	Рецко К.
	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	МФТИ Гос. ун-т «Дубна»	Совместные работы	Гладышев П.П.
	Дубна		Совместные работы	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
	Казань	КНИТУ	Совместные работы	Бакеева Р.Ф.
	Калининград	КФУ	Совместные работы	Таюрский Д.А. + 3 чел.
Красноярск		БФУ им. И.Канта	Совместные работы	Гойхман А.Ю. Клементьев Е.С.
	ИФ СО РАН		Совместные работы	Ярославцев Р.Н. + 2 чел.
	Москва	СФУ	Совместные работы	Столяр С.В. + 2 чел.
		ФИЦ КНЦ СО РАН	Совместные работы	Столяр С.В. + 2 чел.
		ГНЦ Ин-т иммунологии	Совместные работы	Андреев С.М. + 2 чел.
			ИА РАН	Совместные работы
		ИГЕМ РАН	Совместные работы	Жариков А.В. Лобанов К.В.
			ИК РАН	Совместные работы
		ИМЕТ РАН	Совместные работы	Серебряный В.Н.
			ИНМИ РАН	Совместные работы
		ИОНХ РАН	Совместные работы	Баранчиков А.Е. + 3 чел.
			ИТПЗ РАН	Совместные работы
		ИФЗ РАН	Соглашение	Морозов Ю.А.
			Совместные работы	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. Манта 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.
		CTU	Совместные работы	Кучеракова М.+ 1 чел.
		CU	Совместные работы	Краковски И.
		IG CAS	Совместные работы	Локайчик Т.+ 3 чел.

		IP CAS	Совместные работы	Ангелов Б. + 2 чел. Ирак З. + 2 чел.
Швейцария	Виллиген	PSI	Совместные работы	Помякушин В.
ЮАР	Претория	Necsa	Совместные работы	Вентер Э. + 5 чел.
		UP	Совместные работы	Селищев П.О. + 2 чел.
Япония	Минато	Keio Univ.	Совместные работы	Ясуоко К. + 1 чел.
	Токио	Waseda Univ.	Совместные работы	Ямомото Т. + 5 чел.

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 ¹⁰B, 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-стекло. 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.
	Тырговиште	VUT	Соглашение	Паскута П.
Узбекистан	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., Рязнин 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-нептуниевое 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.

Исзуемая 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 Лаборатория (Подразделение)	Руководители проекта Ответственные от лаборатории
1. Квантовая теория поля и физика за пределами Стандартной модели ЛТФ	Казаков Д.И. Бедняков А.В. 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 V-анти V 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 АВJM 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 ABJM 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 функции 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 непертурбативной 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 $v/c \sim Za$.

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 $\Upsilon(4230)$ 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 $m\alpha^7 \ln(a)$ 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., Роечко 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 (UNECR) 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 аксиноподобной 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. Андреев В.В. + 2 чел. Курочкин Ю.А. Редьков В.М. + 3 чел. Ильичев А.Н.
	Минск	ИФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	
		НИИ ЯП БГУ	Совместные работы и обмен визитами	
		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. Пикельнер А.Ф. Мельников К. Веретин О.Л. Любовицкий В.Е. Фогельзанг В. Риман С. + 1 чел. Коусвос С. Рой Суров Шриикант В. Джйоти Лакшми ОП Лакшми Дж. Наик Азизи К. Гохарипур М. Амаро Э.С. Симо И.Р. Санторелли Ф. Хенриксон Й. Барканова С. Алексеевс А.Г. Цзоу Л. Чжан П. Жанг П. Се Я.П. Чен. Х. Жонг Ж.С. Глуза Я. Вонс З. Шимановский Л. Блин А.Х. Хиллер Б. + 3 чел. Герасименюк Н.В. Гой В.А. Молочков А.В. Арбузова Е.В. Буднев Н.М. Раджабов А.Е. + 1 чел. Платонова М. Кирпичников Д.
	Дюссельдорф	HNU	Совместные работы	
	Карлсруэ	KIT	Совместные работы	
	Регенсбург	UR	Совместные работы	
	Тюбинген	Ун-т	Соглашение	
	Цойтен	DESY	Совместные работы	
Греция	Ретимнон	УоС	Совместные работы	
Индия	Калькутта	IACS	Совместные работы	
	Эттимадаи	Amrita	Совместные работы	
Иран	Тегеран	IPM	Совместные работы	
		Ун-т	Совместные работы	
Испания	Гранада	UGR	Совместные работы	
Италия	Неаполь	INFN	Соглашение	
	Пиза	INFN	Совместные работы	
Канада	Корнер-Брук	MUN	Обмен визитами	
Китай	Гуанчжоу	SYSU	Совместные работы	
	Ланьчжоу	IMP CAS	Совместные работы	
	Хайкоу	HNU	Совместные работы	
Польша	Катовице	US	Совместные работы	
	Краков	INP PAS	Совместные работы	
	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Обмен визитами	
Португалия	Коимбра	UC	Совместные работы	
Россия	Владивосток	ДВФУ	Совместные работы	
	Дубна	Гос. ун-т «Дубна»	Совместные работы	
	Иркутск	ИГУ	Совместные работы	
		ИДСТУ СО РАН	Обмен визитами	
	Москва	НИИЯФ МГУ	Совместные работы	
	Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Совместные работы	

	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	Уиту К.
Франция	Париж	ENS UPMC	Совместные работы Совместные работы	Карр Ж.Ф. Тебер С.
Хорватия	Сакле Загреб	IRFU RBI	Совместные работы Совместные работы	Томази-Густаффсон 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 конституентов ядерной, субъядерной или атомно-молекулярной природы. Малость числа конституентов в системе позволяет создавать и использовать математически строгие, точные и последовательные подходы к ее исследованию, не требующие дальнейших упрощающих физических предположений и приближений. Целью проекта является разработка и совершенствование методов численного решения малочастичных задач в ядерной, атомной и молекулярной физике, а также в астрофизике. На основе разработанных подходов и методов в рамках проекта будут проводиться численные расчеты различных конкретных малочастичных систем.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

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

Исследование возможных фазовых переходов из связанного состояния глобола 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-Нёв	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 Флорианополис	UEP UFSC	Совместные работы Совместные работы	Томио Л. Соуза Круз Ф.	
Великобритания	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. Мартинес 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.
		UW	Совместные работы	Идзиашек З.
Республика Корея	Люблин Отвоцк (Сверк) Сеул Тэгу Тэджон	INP PAS	Совместные работы	Адамчак А. Беднарчик П.
		UMCS	Совместные работы	Гоздз А.
		NCBJ	Совместные работы	Коваль М. + 2 чел.
		SNU	Совместные работы	О И.С.
		KNU	Обмен визитами	Ох И.
Россия	Чонджу Владивосток	IBS	Совместные работы	Ким К. Ким Я.
		JBNU	Совместные работы	Ли Х.-Ж.
		ДВФУ	Совместные работы	Гой А.А. + 3 чел. Гой В.А. Молочков А.В. Резник Б.Л. + 3 чел. Суськов С.Е.
		Гатчина Долгопрудный Москва	НИЦ КИ ПИЯФ	Обмен визитами
МФТИ	Совместные работы		Митин А.В.	
МГУ	Совместные работы		Шкаликов А.А.	
		НИИЯФ МГУ	Совместные работы	Гончаров С.А. Тетерева Т.В. Третьякова Т.Ю. Чувильский Ю.М.
		НИЦ КИ	Обмен визитами	Борзов И.Н. Камерджиев С.П. + 2 чел.
		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
Чехия	Прага	CU	Совместные работы	Квасил Я. + 1 чел.
Швеция	Гётеборг	Chalmers	Совместные работы	Жуков М.В.
ЮАР	Лунд	LU	Совместные работы	Оберг С.
	Йоханнесбург	WITS	Соглашение	Дональдсон Л. Усман И.
	Претория	UP	Совместные работы	Гопане М. Тшиппи Т.
Япония	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Соглашение	Смит Ф.Д.
	Стелленбос	SU	Соглашение	Хайс В.Д.
	Кобе	Kobe Univ.	Совместные работы	Мории Т.
	Мориока	Iwate Univ.	Совместные работы	Нишизаки С.
	Осака	Osaka Univ. RCNP	Совместные работы Совместные работы	Такабе Н. 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.

Исследуемая проблема и основная цель исследований:

Важнейшими направлениями фундаментальных исследований будут теоретическое изучение физических явлений и процессов в конденсированных средах, исследование свойств новых перспективных материалов, построение и анализ теоретических моделей и развитие аналитических и вычислительных методов для их решения. Предполагается изучение сложных материалов, таких как высокотемпературные сверхпроводники, магнитные материалы, умные композитные материалы; фрактальных и слоистых структур, анализ широкого класса систем с сильными электронными корреляциями. Теоретические исследования в этой области будут направлены на поддержку экспериментального изучения этих материалов, проводимых в Лаборатории нейтронной физики им. Франка ОИЯИ. Планируется проведение исследований в области физики наноструктур и наноматериалов, в том числе с использованием программных пакетов для моделирования физико-химических процессов и анализа физических характеристик. Это прежде всего современные двумерные материалы, такие как графен, дихалькогениды переходных металлов и т. п. с учетом их модификации и химической функционализации для последующего применения при проектировании новых устройств для наноэлектроники, спинтроники и т. п. Частично, данные исследования ориентированы на эксперименты, проводимые в Центре прикладной физики ЛЯР ОИЯИ, центре «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 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 (Новосибирск) и ряде других лабораторий стран-участниц ОИЯИ. Планируется анализ топологической сверхпроводимости в сильнокоррелированных электронных системах с целью поиска возможных приложений для передачи и хранения квантовой информации. Будут детально исследованы физические свойства стеков джозефсоновских контактов и различные джозефсоновские наноструктуры.

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

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Проектом предусмотрено решение задач по следующим направлениям:

С целью выявления материалов с перспективными свойствами для использования в качестве компонентной базы для электроники нового поколения планируется исследование теплового и электронного транспорта в низкоразмерных материалах различной конфигурации и химического состава. Будет проведен анализ роли функционализации, структурной модификации, влияния малослойности, поликристалличности, структурных дефектов и других факторов. Экспериментальные исследования проводятся в сотрудничестве Учебно-научной технологической лаборатории «Графеновые нанотехнологии» СВФУ (синтез), института физики полупроводников СО РАН (синтез, 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	Мамасакхисов 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	IP T 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	Немес Г.А.
	Тимишоара	UVT	Совместные работы	Бика И.
Сербия	Белград	INS «VINCA»	Совместные работы	Текич Д.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Плеценик А.
	Кошице	IEP SAS	Обмен визитами	Пудлак М. + 1 чел.
		UPJS	Совместные работы	Лучивянски Т. + 3 чел.
США	Пасадена	Caltech	Совместные работы	Райнс Э.М.
Финляндия	Хельсинки	UH	Совместные работы	Хонконен Ю. + 2 чел.
Франция	Анже	UA	Обмен визитами	Рубцов В.
	Марсель	CPT	Совместные работы	Огиевецкий О.
ЮАР	Претория	UNISA	Совместные работы	Бота А.Е.
Япония	Уцуномия	UU	Совместные работы	Ирие А.

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.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:

Основной задачей темы является разработка математических методов решения важнейших задач современной теоретической физики, а именно: разработка новых математических методов исследования и описания широкого класса классических и квантовых интегрируемых систем и их точных решений; анализ и поиск решений широкого круга проблем суперсимметричных теорий, включая модели струн и других протяженных объектов; исследование непертурбативных режимов в суперсимметричных калибровочных теориях; разработка космологических моделей ранней Вселенной, гравитационных волн и черных дыр.

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. Интегрируемые системы и симметрии	Исаев А.П. Кривонос С.О. Тюрин Н.А.	01-3-1138-1-2024/2028
2. Суперсимметрия, высшие спины, гравитация	Иванов Е.А. <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 чернотырному 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 АдС.

Развитие эффективных способов классического и квантового описания калибровочных полей и суперполей бесконечного спина в произвольной размерности и их взаимодействий с материей.

Нахождение лагранжианов, описывающих взаимодействие полей бесконечного спина и полей высших спинов с полями фиксированного спина. Вычисление методом фонового поля квантовых петлевых поправок от этих взаимодействий. Обобщение на суперсимметричную теорию бесконечного спина.

Нахождение суперполевых гармонических лагранжианов, описывающих сигма-модели, полученные по Т-дуальности из 2D, $N=(4,4)$ суперсимметричных гиперкэлеровых и кватернион-кэлеровых сигма-моделей.

Построение суперполевой матричной формулировки новых $N=4$ и $N=8$ суперсимметричных расширений интегрируемых многочастичных систем и их квантование.

Построение новых моделей N -расширенной суперсимметричной квантовой механики с помощью метода суперполевого калибрования.

Построение моделей $N=4$ суперсимметричной механики на основе взаимодействия линейных и зеркальных нелинейных мультиплетов с компонентным составом $(4,4,0)$, $(3,4,1)$ и $(2,4,2)$.

Построение гамильтоновой формулировки и квантование обобщённых систем с нелинейным $(2,4,2)$ супермультиплетом.

Построение расширения $N=4$ суперсимметричных механик с $(3,4,1)$ супермультиплетом до класса систем, параметризованных произвольной голоморфной функцией.

Построение и исследование квантовых многочастичных систем с нелинейными супермультиплетами.

Построение суперполевого описания моделей типа Калоджеро с расширенной $N \geq 4$ суперсимметрий.

Анализ интегрируемости N -расширенных суперсимметричных систем типа Эйлера–Калоджеро–Мозера и Калоджеро–Мозера–Сазерленда для серии $A(n-1)$ группы Кокстера.

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

Пирожено 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.
		Ун-т	Обмен визитами	Осборн Х.
		Ун-т	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	Мионов 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 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. Гарад Ж.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	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:

1. Получение информации о свойствах возбужденной ядерной материи. Участие в экспериментах с ядрами и поляризованными протонами на установке STAR на ядерном коллайдере RHIC в BNL.
2. Измерение на установке STAR спиновых эффектов в экспериментах с поляризованными протонами. Получение новой информации о спин - зависимых функциях распределения кварков и глюонов в протоне.
3. Исследование фемтоскопических корреляций, структуры событий и скейлинговых свойств ядерных взаимодействий, глобальной поляризации, событий с большими поперечными импульсами.
4. Проведение экспериментов по программе энергетического сканирования BESII в коллайдерной моде и в режиме с фиксированной мишенью. Поиск сигнатур фазовых переходов и критической точки КХД.
5. Развитие программного обеспечения детектора STAR и создание соответствующей инфраструктуры в ОИЯИ для обработки и анализа экспериментальных данных с установки STAR в ОИЯИ.
6. 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:

1. 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.
2. 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
Лаборатория (Подразделение) 1. Участие в выполнении экспериментов и анализе данных по программе энергетического сканирования BESII. Поиск сигнатур фазовых переходов и критической точки КХД ЛФВЭ	Ответственные от лаборатории Панебратцев Ю.А.	Набор данных Анализ статистики
2. Исследование спиновых эффектов в столкновениях поперечно поляризованных протонов с протонами и ядрами. Измерение инклюзивных поперечных спиновых асимметрий и фрагментационных функций ЛФВЭ	Токарев М.В. Аверичев Г.С., Айтбаев А., Апарин А.А., Дедович Т.Г., Дунин В.Б., Кекечян А.О., Коробицын А.А., Краева А.Ю., Луонг Б.В., Нигматкулов Г.А., Панюшкина С.С., Тихомиров В.В., Токарев М.В., Ярыгин Г.А. Апарин А.А., Дедович Т.Г., Любошиц В.В., Теряев О.В., Шахалиев Э.И. Мусульманбеков Ж.Ж. Голоскоков С.В.	Набор данных Обработка данных
3. Изучение структуры событий, коллективных переменных, корреляционных характеристик, фемтоскопических корреляционных функций и процессов с большими P_t ЛФВЭ ЛИТ	Ледниcki Р. Панебратцев Ю.А. 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. Ососков Г.А.	Реализация
4. Модернизация установки STAR для измерений в области быстрот ($2,5 < \eta < 4,2$). Набор статистики по столкновениям ядер золота при энергии 200 ГэВ и максимальной светимости коллайдера RHIC	Панебратцев Ю.А.	Набор данных Обработка данных Анализ статистики

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 АТЛАС 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., Малоков 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-антитоп 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. Максименко Н.В.
	Минск	ИПФ НАНБ	Совместные работы и обмен визитами	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	Джобава Т. + 3 чел.
Израиль	Реховот	WIS	Совместные работы	Микенберг Г.
Испания	Барселона	IFAE	Совместные работы	Кавалли-Сфорца М.
Италия	Пиза	INFN	Совместные работы	Дель-Прете Т.
Канада	Ванкувер	TRIUMF	Совместные работы	Курчанинов Л.Л.
Нидерланды	Амстердам	NIKHEF	Совместные работы	Ван дер Грааф Х.
Россия	Владикавказ	СОГУ	Совместные работы	Тваури И.В.
	Москва	ИТЭФ	Совместные работы	Цукерман И.Н.
		МГУ	Совместные работы	Смирнова Л.Н.
		ФИАН	Совместные работы	Снесарев А.А. + 1 чел.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Денисов С.П. Зайцев А.М.
Словакия	Братислава	CU	Совместные работы	Дубничкова А.З. Токар С.
		IP SAS	Совместные работы	Дубничка С. + 3 чел.

США	Лемонт	ANL	Соглашение	Прайс Л.
Франция	Клермон-Ферран	LPC	Совместные работы	Вазей Ф.
	Орсе	LAL	Совместные работы	Фурнье Д.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Винктер М.
				Хоккер А.
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
	Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
1.	CMS	Каржавин В.Ю.	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.д.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., Шалаев 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., Филозова 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., Перельгин 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.
	Карлсруэ	KIT	Совместные работы	Мюллер Т. + 90 чел.
	Афины	INP NCSR «Demokritos» NTU UoA	Совместные работы Совместные работы Совместные работы	Лукас Д. + 10 чел. Циполитис Г. + 8 чел. Сфикас П. + 26 чел.
Греция	Янина	UI	Совместные работы	Фудас К. + 14 чел.
	Тбилиси	GTU	Совместные работы	Цамалаидзе З. + 11 чел.
Грузия	Тбилиси	HEPI-TSU	Совместные работы	Цамалаидзе З. + 1 чел.
		NISER	Совместные работы	Свеин С.К. + 24 чел.
		SINP	Совместные работы	Саркар С. + 31 чел.
Индия	Джатни	BARC	Совместные работы	Пант Л.М. + 8 чел.
	Калькутта	TIFR	Совместные работы	Дугад С. + 14 чел. Мазумдар К. + 19 чел.
	Мумбаи		Совместные работы	Бхатнагар В. + 19 чел.
Иран	Чандигарх	PU	Совместные работы	Мохаммади М. + 6 чел.
Ирландия	Тегеран	IPM	Совместные работы	Грюнвальд М. + 1 чел.
Испания	Дублин	UCD	Совместные работы	Алькарас Маестре Х. + 49 чел.
	Мадрид	CIEMAT UAM	Совместные работы Совместные работы	Де Трокониз Й. + 1 чел. Кавас Х. + 12 чел.
Италия	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.
		НИЯУ «МИФИ» ФИАН	Совместные работы Совместные работы	Сметанников В.П. + 5 чел. 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
	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.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:

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

Проекты по теме:

Наименование проекта	Руководители проекта	Шифр проекта
1. BESIII	Денисенко И.И. Заместитель: Жемчугов А.С.	02-2-1085-1-2007/2028
2. 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 распадов состояний чармония, поиск экзотических состояний чармония и чармониеподобных структур и определение функций фрагментации с-кварка. Участие группы ОИЯИ в проекте заключается в анализе данных и развитии алгоритмов реконструкции событий в детекторе BESIII с использованием методов машинного обучения.

Ожидаемые результаты по завершении проекта:

Проект позволит получить новые знания о свойствах сильного взаимодействия на масштабе $Q^2 \sim M_{J\psi}^2$. 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	Гуськов А.В.	Реализация
ЛЯП	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.	
ЛИТ	Петросян А.Ш.	
ЛФВЭ	Аносов В.А., Гавришук О.П., Гушчерски 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	Алексеев Г.Д.	Техпроект
ЛЯП	Абазов В.М., Верхеев А.Ю., Вертоградов Л.С., Ветроградова Ю.Л., Вольных В.П., Журавлев Н.И., Кутузов С.А., Пискун А.А., Прохоров И.К., Рождественский А.М., Самарцев А.Г., Скачкова А.Н., Токменин В.В.	
2. COMPASS-II	Гуськов А.В.	Обработка данных
ЛЯП	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.	
ЛФВЭ	Аносов В.А., Гавришук О.П., Гушчерски Р., Земляничкина Е.В., Корзенев А.Ю., Кузнецов О.М., Пешехонов Д.В.	
ЛИТ	Петросян А.Ш.	

**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	IER WU	Соглашение	Баделек Б.
		WUT	Соглашение	Курята Р.
	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Соглашение	Сандач А. + 1 чел.
Португалия	Авейру	UA	Соглашение	Азеведо К. + 1 чел.
	Лиссабон	LIP	Соглашение	Квинтанс К. + 2 чел.
Россия	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Соглашение	Дзюба А. + 5 чел.
	Новосибирск	ИЯФ СО РАН	Соглашение	Ачасов М.Н.
	Протвино	ИФВЭ	Соглашение	Донсков С. + 1 чел.
США	Лос-Аламос	LANL	Соглашение	Баудино И.
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Соглашение	Маллот Г.
Чехия	Прага	STU	Соглашение	Нови Й. +11 чел.
		SU	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. <i>Заместители:</i> 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. <i>Заместители:</i> 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 интермиситты 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	Руководители	Статус
Лаборатория (Подразделение)	Ответственные от лаборатории	
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 ^9Be 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 А-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
ЛФВЭ

Никитин В.А.

Анализ данных

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
ЛФВЭ

Балдин А.А.

Разработка и тестирование систем диагностики.
Набор и анализ данных

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 ТГц 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	Балабекян А. + 2 чел.
			Совместные работы	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. Сытова С.Н. + 2 чел.
Болгария	Благоевград	AUBG	Совместные работы	Мицова Э. Станоева Р.
			Совместные работы	Иванов И.Ц. Костов Л. Пенев В.Н. Шкловская А.
	София	INRNE BAS	Совместные работы	Данова С. Колев Д.
Индия	Джайпур	Ун-т	Совместные работы	Богомилов М.
	Мумбаи	BARC	Совместные работы	Кумар В. + 2 чел.
Китай	Пекин	CIAE	Совместные работы	Кумават Х. + 2 чел.
		ИHEP CAS	Совместные работы	Гуо С.Л. Чью Х.Х.
Монголия	Ухань	CCNU	Совместные работы	Ли С.Л.
	Улан-Батор	IPT MAS	Совместные работы	Баатар Ц. + 2 чел. Тогоо Р. + 2 чел.

Россия	Белгород Владикавказ	БелГУ ВТС «Баспик»	Совместные работы Соглашение	Кубанкин А.С. + 4 чел. Джерапов 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	Пухаева 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. Пшеничнов И.А. Решетин А.И. Финогеев Д.А. Шабанов А.И.
	Протвино	ИФВЭ	Совместные работы	Алов В.А. + 5 чел. Волков А.А. + 3 чел. Гапиенко В.А. + 5 чел.	
	Санкт-Петербург	НИИФ СПбГУ	Совместные работы	Краснов Л.В. + 4 чел. Литвин В.Ф. Феофилов Г.А. + 2 чел.	
	Смоленск Томск	СмолГУ ТПУ	Соглашение Совместные работы	Дюндин А.В. + 4 чел. Главанаков И.В. Табаченко А.Н.	
	Румыния	Черноголовка Бухарест	ИСМАН РАН IFIN-HH	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	Лыкасов Г.И.	

Краткая аннотация и научное обоснование:

участие в развитии научной программы ALICE и обработке и анализе экспериментальных данных.

Ожидаемые результаты по завершении активности:

обработка и анализ экспериментальных данных по фемтоскопии заряженных каонов и 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

Водопьянов А.С.

Реализация

ЛФВЭ

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

ЛИТ

Мицын В.В., Кондратьев А.О.

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

**Водопьянов А.С.
Номоконов П.В.**

Реализация

ЛФВЭ

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

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

Водопьянов А.С.

Проект

ЛФВЭ

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

Краткая аннотация и научное обоснование:

в рамках модернизации детектора ALICE (FAZA2) 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	GSI	Совместные работы	Маччиони С. + 20 чел.
		TU Darmstadt	Совместные работы	Джубеллино П. + 5 чел.
	Мюнстер	WWU	Совместные работы	Андроник А. + 10 чел.
	Мюнхен	TUM	Совместные работы	Фабетти Л. + 5 чел.
	Тюбинген	Ун-т	Совместные работы	Шмидт Х.Р. + 5 чел.
	Франкфурт/М	FIAS	Совместные работы	Линденструс В. + 5 чел.
		Ун-т	Совместные работы	Апшельхаузер Х. + 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.
	Индонезия	Алессандрия	DiSIT UPO	Совместные работы
Бари		DIF	Совместные работы	Манзари В. + 8 чел.
		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.
Италия	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.
	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	Граджиковский 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	Ёнги 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	Karatay 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.	
	Моратува	Ун-т	Совместные работы	Перера Г. + 3 чел.	
Шри-Ланка	Йоханнесбург	WITS	Совместные работы	Диетел Т. + 2 чел.	
		UCT	Совместные работы	Диетел Т. + 3 чел.	
ЮАР	Сомерсет-Уэст	iThemba LABS	Совместные работы	Диетел Т. + 5 чел.	
	Вако	RIKEN	Совместные работы	Еньо Х. + 5 чел.	
Япония	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.

Исзуемая 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.