

УТВЕРЖДАЮ

Вице-директор ОИЯИ

“ _____ ” _____ 2020 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОТКРЫТИЯ ТЕМЫ
для включения
В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ОИЯИ НА 2021–2025 гг.

Шифр темы

Лаборатория ЛНФ

Отдел НЭО НИКС

Направление: Физика конденсированных сред, радиационные и радиобиологические исследования

Наименование темы: Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов

Руководители темы: Д.П.Козленко, В.Л.Аксенов, А.М.Балагуров

Краткая аннотация

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. Уникальные преимущества использования нейтронных методов исследования (дифракции, малоуглового рассеяния нейтронов, рефлектометрии, неупругого рассеяния, радиографии и томографии) делают их применение наиболее оптимальным, а в некоторых случаях – единственным подходом, для решения широкого круга актуальных фундаментальных и прикладных задач, связанных с установлением микроскопических механизмов формирования физических свойств и явлений, наблюдаемых в функциональных материалах и наносистемах, синтезом материалов с заданными свойствами для развития современных технологий, исследованием свойств биологических молекул и мембран, полимеров, созданием новых лекарственных препаратов, изучением геофизических процессов, неразрушающим анализом остаточных напряжений в конструкционных материалах и промышленных изделиях, анализом внутреннего строения объектов культурного наследия и др.

Результаты научных исследований по действующей с 2015 г. теме 04-4-1121-2015/2020 “Исследования конденсированного состояния вещества с использованием современных методов нейтронографии” наглядно показывают высокую эффективность использования рассеяния

нейтронов для успешного решения вышеописанных задач. Ряд ключевых научных, прикладных и методических направлений работ, сформулированных в данной теме, остается актуальным в настоящее время, по некоторым направлениям исследования были проведены в необходимом объеме и не требуют продолжения. В тоже время, появились новые перспективные направления исследований и приоритеты в развитии экспериментальных установок. В связи с этим, целесообразным является открытие новой темы на пятилетний период для проведения исследований с учетом вышеописанных факторов.

Проведение работ по теме “Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов” в период 2021-2025 гг. будет в первую очередь сконцентрировано на реализации задач, сформулированных в семилетнем плане развития ОИЯИ по направлению “Физика конденсированных сред”. Для этого имеются все необходимые предпосылки:

- в основном работы по теме будут проводиться на базовой установке ОИЯИ, модернизированном реакторе ИБР-2, обладающей параметрами мирового уровня и единственной в странах-участницах ОИЯИ;
- на спектрометрах реактора ИБР-2 действует программа пользователей, наполнение которой в основном обеспечивается заявками из стран-участниц ОИЯИ;
- существует успешно реализуемая программа развития комплекса спектрометров реактора ИБР-2;
- коллектив отдела сравнительно молод (средний возраст чуть более 40 лет), и, в то же время, обладает высокой квалификацией.

Приоритетные фундаментальные и прикладные научные направления темы:

1. Физика конденсированного состояния и науки о материалах,
2. Физика наносистем и наноразмерных явлений,
3. Физика комплексных жидкостей и полимеров,
4. Биофизика и фармакология,
5. Прикладное материаловедение и инженерные науки.

Основные задачи в рамках этих направлений:

- 1.1. Исследование структуры и свойств новых неорганических и органических функциональных материалов,
- 1.2. Исследование структурных и магнитных свойств материалов в экстремальных условиях,
- 1.3. Изучение особенностей физико-химических процессов в функциональных материалах в режиме реального времени,
- 1.4. Компьютерное моделирование структуры и свойств новых функциональных материалов и наносистем,
 - 2.1. Исследование структурных и магнитных свойств слоистых наноструктур,
 - 2.2. Исследование структуры углерод- и кремнийсодержащих наноматериалов,
 - 2.3. Исследование молекулярной динамики функциональных материалов,
 - 3.1. Исследование дисперсных систем и сложных жидкостей в объеме и на межфазных границах,
 - 3.2. Исследование структурной организации полимерных наноматериалов,
 - 4.1. Исследование надмолекулярной структуры и функциональных характеристик биологических наносистем,
 - 4.2. Исследования структуры и свойств липидных мембран и комплексов,
 - 4.3. Исследования структуры и свойств биогибридных комплексов.

- 5.1. Исследование внутренних напряжений и микродеформаций в конструкционных материалах и промышленных изделиях,
- 5.2. Исследование особенностей внутреннего строения объектов культурного и природного наследия, конструкционных материалов промышленных изделий,
- 5.3. Исследование текстуры и свойств минералов и горных пород, конструкционных материалов,
- 5.4. Исследование радиационных повреждений конденсированных сред.

Кроме того, в рамках темы будут развиваться нейтронные методы исследования конденсированных сред:

- дифрактометрия поли- и монокристаллов,
- нейтронная оптика с поляризованными и неполяризованными нейтронами (рефлектометрия, малоугловое рассеяние нейтронов, спин-эхо),
- методы неупругого рассеяния нейтронов,
- дифрактометрия внутренних напряжений и текстуры материалов,
- радиография и томография.

Работа в рамках темы будет в основном проводиться на базе комплекса спектрометров модернизированного реактора ИБР-2, отдельные эксперименты будут выполняться в других российских и зарубежных нейтронных и синхротронных центрах. Помимо рассеяния нейтронного и синхротронного излучений, для ряда исследований будут использоваться комплементарные методы оптической и рентгеновской спектроскопии.

Проекты по теме:

1. Создание спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии на реакторе ИБР 2, руководитель -Д.М.Худоба. Срок реализации: 2021-2023 (первый этап).

Этапы работы

В период 2021-2025 гг. будут вестись запланированные научные исследования и эксперименты в рамках программы пользователей на базе комплекса спектрометров реактора ИБР-2М, методические работы по модернизации комплекса спектрометров и развитию новых методов нейтронографии. В отдельных случаях эксперименты будут проводиться в других российских и зарубежных нейтронных центрах, а также с привлечением комплементарных методов рассеяния синхротронного излучения и оптической спектроскопии.

I. Научные исследования

1.1. Исследование структуры и свойств новых неорганических и органических функциональных материалов

Проведение экспериментов по изучению особенностей атомной и магнитной структуры и свойств новых неорганических и органических кристаллических и наноструктурированных функциональных материалов с помощью методов рассеяния нейтронов и комплементарных методов, обработка данных - 2021 – 2025 гг.

Ответственные – Балагуров А.М., Козленко Д.П., Тютюнников С.И. (ЛФВЭ)

Основные исполнители – Бобриков И.А., Кичанов С.Е., Турченко В.А., Бескровный А.И., Савенко Б.Н., прочие исполнители - Аскеров Э.Б., Голосова Н.О., Краус М.Л., Лукин Е.В., Миронова Г.М., Попов Е.П, Павлюкойч А., Самойлова Н.Ю., Сиколенко В.В., Сумников С.В.,

Злоказов В.Б. (ЛИТ), Шаляпин В.Н., Ефимов В.В., Ковалев Ю.С., Рогачев А.В., Замятин Н.И., Крячко И.А., Артюх В.А. (ЛФВЭ).

1.2. Исследование структурных и магнитных свойств материалов в экстремальных условиях

Проведение экспериментов по изучению атомной и магнитной структуры и свойств функциональных материалов при воздействии внешнего высокого давления и низкой температуры, обработка данных – 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Козленко Д.П.

Основные исполнители - Кичанов С.Е., Лукин Е.В., Савенко Б.Н., прочие исполнители – Белозерова Н.М., Голосова Н.О., Руткаускас А.В.

1.3. Изучение особенностей физико-химических процессов в функциональных материалах в режиме реального времени

Проведение экспериментов по изучению физико-химических процессов в функциональных материалах в режиме *in-operando – real-time* при изменении внешних условий, обработка данных – 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Балагуров А.М.

Основные исполнители - Бобриков И.А., Бескровный А.И., прочие исполнители – Сумников С.В., Иваньшина О.Ю., Попов Е.П., Самойлова Н.Ю., Симкин В.Г., Миронова Г.М., Вершинина Т.Н.

1.4. Компьютерное моделирование структуры и свойств новых функциональных материалов и наносистем

Проведение теоретических расчетов структурных и динамических свойств новых функциональных материалов и наносистем, включая биологически активные материалы, молекулярные кристаллы и стекла, ионно-молекулярные инклюзивные материалы, комплексы с переносом электрического заряда, каркасные металлоорганические структуры при использовании методов молекулярного моделирования и молекулярной динамики, 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Павлюкойч А.,

Основные исполнители – Холмуродов Х.Т.

2.1. Исследование структурных и магнитных свойств слоистых наноструктур

Проведение экспериментов по изучению структурных и магнитных свойств слоистых наноструктур с пространственным разрешением до 1 нм методом нейтронной поляризационной рефлектометрии, дополненной регистрацией вторичного излучения, обработка данных – 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Никитенко Ю.В.

Основные исполнители – Жакетов В.Д., Кожевников С.В., Петренко А.В.

2.2. Исследование структуры углерод- и кремнийсодержащих наноматериалов

Изучение внутренней структуры, способов стабилизации и механизмов агрегации наночастиц на основе углерод- и кремниесодержащих материалов в различных твердых и жидких средах, включая дисперсии фуллеренов, наноалмазов и др., с целью их дальнейшего применения в нанотехнологических процессах. Определение структуры биологически активных систем на основе материалов данного класса и исследование связи между их структурными характеристиками и токсичностью для живых организмов – 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Аксенов В.Л.

Основные исполнители – Тропин Т.В., Кизима Е.А., Томчук А.А.,

Прочие исполнители - Худоба Д. М., Нагорная Т., Яжджевска М., Назарова А.

2.3. Исследование молекулярной динамики функциональных материалов.

Проведение экспериментов на спектрометре НЕРА по изучению молекулярной динамики биологически активных материалов, жидких кристаллов и стекол, ионно-молекулярных инклюзивных материалов, комплексов с переносом электрического заряда, каркасных металлоорганических структур и наноматериалов для хранения водорода и двуокиси углерода, флуоресцентных красителей. Синтез и комплексные физико-химические исследования многофункциональных остовов наноматериалов, изотопического эффекта экспериментальными и теоретическими методами. Обработка данных - 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Худоба Д. М.

Основные исполнители – Горемычкин Е.А., Бильски П., прочие исполнители – Кравчик Я, Нагорная Т.

3.1. Исследование дисперсных систем и сложных жидкостей в объеме и на межфазных границах

Изучение актуальных дисперсных систем на основе жидких и твердых растворов наночастиц и наноразмерных комплексов в отношении механизмов их устойчивости в объеме и на межфазных границах, включая биорелевантные системы; развитие методов анализа атомной и магнитной структуры магнитных коллоидных систем на основе рассеяния нейтронов, изучение электрохимических границ раздела - 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Авдеев М.В.

Основные исполнители – Петренко В.И., Нагорный А.В., Гапон И.В., прочие исполнители – Томчук А.В., Косячкин Е.

3.2. Исследование структурной организации полимерных наноматериалов

Изучение структурных и функциональных характеристик новых полимеров, слоистых и нанодисперсных структур, перспективных для нанотехнологических применений методом малоуглового рассеяния нейтронов и комплементарными методами - 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Балашою М.

Основные исполнители – Куклин А.И., Исламов А.Х., прочие исполнители - Иванов О., Соловьев Д.В., Рогачев А.В.

4.1. Исследование надмолекулярной структуры и функциональных характеристик биологических наносистем

Изучение структурных и функциональных характеристик, фазовых переходов биологических макромолекул, комплексов и белков, встроенных в мембраны, фазовых переходов в липидных структурах с помощью методов малоуглового рассеяния нейтронов, рентгеновских лучей, светорассеяния, Р-V-T, денсиметрии и другими комплементарными методами - 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Куклин А.И.

Основные исполнители – Муругова Т.Н., Иванов О.И., Соловьев Д.В., Горшкова Ю.Е.

прочие исполнители –Исламов А.Х., Соловьев А.Г. (ЛИТ), Ковалев Ю.С., Рогачев А.В., Ской В.В.

4.2. Исследования структуры и свойств липидных мембран и комплексов

Исследование наноструктуры модельной липидной матрицы верхнего слоя кожи человека (stratum corneum), определение роли отдельных церамидов в формировании диффузионных свойств матрицы для проникновения лекарств. Исследование диффузии фармацевтических растворов через модельные липидные матрицы. Создание и исследование однослойных везикул с высокими деформационными свойствами, как базы для формулирования перспективных везикулярных переносчиков лекарств через кожу. Исследование структуры везикул и фосфолипидной транспортной наносистемы - 2021 – 2025 гг.

Ответственный –Киселев М.А.

Основные исполнители – Маслова В.А., Иваньков О.И., Земляная Е.В. (ЛИТ).

4.3. Исследования структуры и свойств биогибридных комплексов

Проведение экспериментов по изучению структуры композиционных материалов на основе бактериальной и нанокристаллической целлюлозы методом малоуглового нейтронного рассеяния. Анализ механизмов формирования лиогелей и аэрогелей, анализ структуры биогибридных полимерных комплексов на основе аэрогелей и сверхлегких ультрапористых углеродных материалов. Структурное исследование систем доставки лекарств, состоящих из биогибридов на основе ДНК, биомиметических мембран, «зеленых» нанометаллов и терапевтических агентов будет проводиться методом малоуглового нейтронного рассеяния, а также комплементарными методами: малоугловое рентгеновское рассеяние и рентгеновская дифракция, сканирующая электронная и атомно-силовая микроскопия, оптическая спектроскопия, динамическое рассеяние света – 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Горшкова Ю.Е.

Основные исполнители – Тропин Т.В., Иваньшина О.Ю.

5.1. Исследование внутренних напряжений и микродеформаций в конструкционных материалах и промышленных изделиях

Проведение нейтронографических исследований внутренних напряжений и микродеформация в современных конструкционных материалах, промышленных материалах и изделиях, металлокерамиках, сплавах с памятью формы – 2021-2025 г.

Ответственный – Бокучава Г.Д.

Основные исполнители – Вершинина Т.Н., прочие исполнители – Папушкин И.В., Круглов А.А., Тамонов А.В., Мухаметулы Б., Таран Ю.В.

5.2. Исследование особенностей внутреннего строения объектов культурного и природного наследия, конструкционных материалов промышленных изделий

Проведение неразрушающих радиографических и томографических нейтронных исследований внутреннего строения и процессов в объектах культурного и природного наследия, конструкционных материалах, промышленных изделиях, горных породах – 2021-2025 г.

Ответственный – Козленко Д.П.

Основные исполнители – Кичанов С.Е., прочие исполнители – Савенко Б.Н., Лукин Е.В., Назаров К., Руткаускас А.В., Зель И.Ю.

5.3. Исследование текстуры и свойств минералов и горных пород, конструкционных материалов

Проведение экспериментов по нейтронографическому анализу текстуры и напряжений в поликристаллических материалах и горных породах в комплексе с другими физическими методами для изучения природы сейсмической анизотропии литосферы Земли и других геодинамических явлений. Исследование влияния фазовых переходов на потерю устойчивости поликристаллических материалов методами нейтронографии и акустической эмиссии.

Проведение экспериментов по нейтронографическому анализу текстуры в конструкционных материалах (магниевого, алюминиевого, никелевого, титанового и др. сплавах). Исследование влияния модифицирования на эволюцию текстуры и напряжений в колесных сталях. – 2021-2025 г.

Ответственный – Николаев Д.И.

Основные исполнители – Иванкина Т.И., Васин Р.Н., прочие исполнители - Сиколенко В.В., Лычагина Т.А., Алтангэрэл Б.

5.4. Исследование радиационных повреждений конденсированных сред

Получение данных по механизмам радиационных повреждений твердых тел релятивистскими частицами и быстрыми нейтронами с использованием методов рассеяния рентгеновского излучения, отбор конструкционных материалов с повышенной радиационной стойкостью по отношению к быстрым нейтронам, получение ресурсных данных по радиационной стойкости конденсированных сред.

Набор и обработка данных – 2021 – 2025 гг.

Ответственный – Тютюнников С.И. (ЛФВЭ)

Основные исполнители – Шаляпин В.Н., Ефимов В.В., Левтерова Е.А., Ковалев Ю.С., Рогачев А.В., Замятин Н.И., Крячко И.А., Артюх В.А. (ЛФВЭ), Сиколенко В.В. (ЛНФ).

II. Методические разработки

1. Развитие комплекса спектрометров реактора ИБР-2

Разработка и создание основной конфигурации спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга на 10 канале, 2021 – 2025 г., разработка и создание основных элементов нового спектрометра неупругого рассеяния в обратной геометрии (согласно проекту в рамках темы), развитие дифрактометра для исследования микрообразцов ДН-6, рефлектометра с вертикальной плоскостью рассеяния ГРЭЙНС. Модернизация спектрометров реактора ИБР-2. 2021 – 2025 гг.

Ответственные – Авдеев М.В., Козленко Д.П., Худоба Д.М.

Основные исполнители – Бескровный А.И., Бобриков И.А., Боднарчук В.И., Кичанов С.В., Куклин А.И., Лукин Е.В., Никитенко Ю.В., Петренко А.В., Савенко Б.Н., Симкин В.Г., Суханов В.И., Турченко В.А., Бокучава Г.Д., + 20 чел.

2. Развитие нейтронных методов исследования функциональных материалов и наносистем

Развитие и апробация нейтронных методов исследования структуры и динамики функциональных материалов и наносистем, неразрушающего контроля объемных изделий, включая спин-эхо, корреляционную дифрактометрию, нейтронные стоячие волны, радиографию, томографию и др. методики. Продолжение работ по созданию макетного

варианта спектрометра малоуглового спин-эхо рассеяния на 9 канале, развитие спектрометра радиографии и томографии на 14 канале, спектрометра FSS на 13 канале.

Развитие метода рефлектометрии в осциллирующем магнитном поле. Продолжение работ по созданию интерферометра нейтронов для спин-эхо рефлектометра нейтронов.

Ответственные – Боднарчук В.И., Бокучава Г.Д., Козленко Д.П., Авдеев М.В.

Основные исполнители – Кичанов С.Е., Лукин Е.В., Кожевников С.В., Никитенко Ю.В., Руткаускас А.В., Ярадайкин С.П., Жакетов В.Д., Косячкин Е.

Ожидаемый результат по завершении темы

1. Определение характеристик атомной и магнитной структуры сплавов с эффектом гигантской магнестрикции в зависимости от термодинамических условий, условий синтеза, легирующих добавок и термомеханической обработки.
2. Определение параметров атомной и магнитной структуры простых и сложных оксидов со структурой типа шпинели при воздействии высокого давления.
3. Определение параметров кристаллической, магнитной и электронной подсистем многофункциональных оксидов на основе кобальта, марганца, железа в области спинового перехода и фазовых переходов антиферромагнетик–ферромагнетик–парамагнетик, металл–изолятор в широкой области температур и давлений.
4. Комплексный анализ взаимосвязей между структурными искажениями кристаллической и магнитной структуры, локальной атомной и электронной структуры с макроскопическими электрическими и магнитно-транспортными свойствами для уточнения наиболее достоверной модели, необходимой для объяснения природы и механизмов физических явлений, наблюдаемых в сложных оксидах на основе кобальта, марганца, железа.
5. Определение структурных механизмов реализации магнитоэлектрического эффекта в мультиферроиках.
6. Определение влияния микроструктуры электродов при варьировании состава на протекание процессов заряда-разряда в малогабаритных источниках электрического тока. Прояснение структурных механизмов, отвечающих за емкость и долговечность источников. Выбор оптимальных режимов разряда/заряда при циклировании.
7. Анализ процессов осаждения и интеркаляции электрически активных ионов и их производных из жидких и твердых электролитов на электрохимических границах раздела в малогабаритных источниках электрического тока. Сравнительное изучение характеристик адсорбционных слоев (плотность, толщина, однородность) на электрохимических границах раздела для актуальных электролитов и электродов.
8. Установление явлений и эффектов, обусловленных взаимодействием ферромагнитного и сверхпроводящего параметров порядка в сложных структурах с геликоидальным магнитным порядком.
9. Определение структурной устойчивости коллоидных систем, в том числе медико-биологических растворов, в объеме и на межфазных границах в различных условиях. Определение характеристик адсорбционных слоев на границах раздела при нарушении устойчивости в результате внешнего воздействия градиентных электрических и магнитных полей, а также температурных эффектов. Определение влияния на адсорбцию образования агрегатов в объеме.
10. Определение структуры ряда актуальных наносистем на основе композиционных углерод- и кремнийсодержащих материалов, в том числе на основе фуллеренов, наноалмазов и их

- биоактивных производных. Переход к изучению сложных многокомпонентных систем. Определение условий синтеза гомогенных систем. Изучение эффектов фазового расслоения в актуальных практических системах.
11. Определение структурных характеристик магнитных эластомеров и карбосилановых дендримеров, перспективных для технологических применений.
 12. Определение структуры и колебательных спектров молекулярных комплексов: ионно-молекулярных инклюзивных материалов и комплексов с переносом электрического заряда, структурных и динамических параметров водородных связей в биологически активных материалах.
 13. Выявление молекулярных механизмов взаимодействия белков, димеризации и функциональных характеристик надмолекулярных структур и молекулярных комплексов. Установление закономерностей и связей структурных характеристик и функций белков, белковых комплексов и мембран-белковых агрегатов. Анализ влияния на фазовое состояние мембран состава и внешних параметров.
 14. Определение структурных характеристик и диффузионных свойств липидных наносистем для транспорта лекарственных средств и нанолечарств.
 15. Анализ метаморфических, геодинамических и эволюционных процессов в литосфере по данным о текстурах глубинных и приповерхностных горных пород. Определение закономерностей возникновения неустойчивости горных пород, находящихся под воздействием высоких температур и давлений. Определение связи сейсмической анизотропии пород литосферы с текстурами минералов, преимущественно ориентированными трещинами и порами.
 16. Неразрушающий контроль остаточных внутренних напряжений и микродеформаций в реальных промышленных изделиях и современных конструкционных материалах, возникающих в результате различных технологических процессов (металло- и термообработка, сварка, прокатка, штамповка, 3D-печать и др.).
 17. Изучение взаимосвязи между микроструктурой и термомеханическими свойствами перспективных функциональных и конструкционных материалов (высокопрочные стали, алюминиевые и магниевые сплавы, композиты, металлокерамики и т.д.), анализ механического поведения конструкционных материалов при внешних воздействиях (нагрузка, температура).
 18. Анализ внутреннего строения и построение 3D моделей объектов культурного и природного наследия, промышленных материалов и изделий по данным нейтронной томографии и радиографии.
 19. Уточнение механизмов радиационных повреждений твердых тел, получение ресурсных данных по радиационной стойкости материалов.

Ожидаемые методические результаты:

1. Разработка и создание элементов основной конфигурации спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга на 10 канале.
2. Разработка и создание элементов нейтроноводной системы нового спектрометра неупругого рассеяния в обратной геометрии.
3. Развитие нейтроноводной и детекторной системы нового дифрактометра ДН-6 для исследования микрообразцов, направленное на улучшение технических параметров и расширение доступного диапазона высоких давлений.
4. Улучшение технических параметров и расширение экспериментальных возможностей многофункционального рефлектометра ГРЭИНС (запуск нового прерывателя нейтронного пучка, развитие электрохимических и жидкостных ячеек для проведения экспериментов).

5. Модернизация действующих спектрометров реактора ИБР-2 (ФДВР, РТД, ДН-12, ЮМО, ФСД, РЕФЛЕКС, РЕМУР, СКАТ, ЭПСИЛОН) направленная на улучшение их технических характеристик – увеличение светосилы, улучшение фоновых условий, усовершенствование системы сбора данных и расширение имеющихся экспериментальных возможностей.
6. Создание макетного варианта спектрометра малоуглового спин-эхо рассеяния на 9 канале.
7. Улучшение технических характеристик спектрометра радиографии и томографии на 14 канале (пространственного разрешения, радиационной устойчивости детекторной системы).
8. Усовершенствование корреляционного спектрометра FSS на 13 канале ИБР-2 и улучшение его технических параметров. Дальнейшее развитие корреляционного RTOF-метода.
9. Развитие нейтронных методов исследования конденсированных сред, включая спин-эхо, нейтронные стоячие волны, расщепление нейтронной волны, нейтронный магнитный резонанс, радиографию, томографию и др. методики.
10. Разработка методов нейтронного рассеяния для in-operando мониторинга и изучения электрохимических материалов и интерфейсов.

Участники от ОИЯИ

Лаборатория	№№ п/п	Ф.И.О.	№№ п/п	Ф.И.О.
ЛТФ	1	Осипов В.А.+3 чел.		
ЛИТ	2	Злоказов В.Б., Земляная Е.В., Соловьев А.Г.		
ЛЯР	3	Скуратов В.А.		
ЛФВЭ	4	Тютюнников С.И.+8 чел.		

Участвующие страны, институты и организации

Страна или организация	Город	Институт или лаборатория	Участники	Статус
Азербайджан	Баку	ИФ НАНА	Мамедов А.И., Мехтиева Р.З. + 2 чел.	Протокол
		АзТУ	Джабаров С.Г., Ходжаев Э.М.	Совместные работы
Беларусь	Минск	БГТУ	Дяденко М.В. + 6 чел. Клындюк А.И. + 3 чел. Павлюкович Ю.Г. + 6 чел. Рачковская Г.Е. + 4 чел. Трусова Е.Е. + 3 чел.	Совместные работы
		ИПФ НАНБ	Венгринович В.Л. + 3 чел.	Совместные работы
		НИИ ФХП БГУ	Артемьев М.В. + 3 чел. Ивашкевич О.А. + 5 чел. Третьяк Е.В. + 3 чел.	Совместные работы
		НИИ ЯП БГУ	Карпович В.А. Кутень С.А. + 3 чел.	Совместные работы

			Пушкарчук А.Л. Федотова Ю.А. + 2 чел.	
		НИЦ НАНБ по материаловеден ию	Близнюк Л.А. + 5 чел. Игнатенко О.В. + 2 чел. Бушинский М.В. + 3 чел. Янушкевич К.И. + 11 чел.	Совместные работы
		МГЭИ БГУ	Москальчук Л.Н. + 3 чел.	Совместные работы
Болгария	София	ASCI Ltd	Цаков И.	Совместные работы
		IE BAS	Петров П.И. + 2 чел.	Совместные работы
		IEES BAS	Владикова Д.Е., Райкова Г., Петкова Т.	Протокол
		IMS BAS	Рашев Ц.	Совместные работы
		INRNE BAS	Крежов К.А. + 2 чел.	Протокол
		ISSP BAS	Чамати Х.	Совместные работы
Вьетнам	Ханой	IOP VAST	Кхием Л.Х.	Совместные работы
	Дананг	DTU	Данг Н.Т.	Совместные работы
Казахстан	Алма-Ата	РГП ИЯФ	Кенжин Е.А. + 3 чел. Козловский А.Л. + 3 чел.	Совместные работы
	Рудный	РИИ	Божко Л.Л.	Совместные работы
Молдова	Кишинев	ИМБ АНМ	Рудь Л.Б.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	IPT MAS	Сангаа Д. + 3 чел. Сэвжидсурэн Г.	Совместные работы
		MUST	Чадраабал Ш. + 2 чел.	Совместные работы
Польша	Варшава	INCT	Староста В. + 2 чел.	Совместные работы
	Белосток	UwB	Валишевски Я. + 1 чел.	Совместные работы
	Вроцлав	UW	Батор Г. + 3 чел.	Совместные работы
		WUT	Шостак М. + 3 чел.	Совместные работы
	Краков	AGH-UST	Бачманьски А. + 4 чел.	Протокол
		JU	Микули Е. + 3 чел.	Совместные работы
		NINP PAS	Юшиньска-Галонзка Е. + 3 чел.	Совместные работы
	Люблин	UMCS	Будзински М. + 2 чел.	Совместные

			Грушецки В. Малиновска И. + 2 чел.	работы
	Лодзь	UL	Юзвяк М.	Совместные работы
	Познань	AMU	Вонсицки Я. + 2 чел. Наврочик В. + 2 чел. Сливиньска М.+1 чел.	Протокол
	Отвоцк-Сверк	NCBJ	Курпаски Л. + 3 чел.	Совместные работы
	Седльце	UPH	Хрустель Я. + 2 чел.	Протокол
	Щецин	WRUT	Гускос Н. + 2 чел. Новицка-Шайбе И. + 1 чел.	Совместные работы
Россия	Москва	АО ``ВНИИНМ''	Иолтуховский А.Г. Колотушкин В.П. Никулин А.Д. Остривной А.Ф. + 3 чел. Шиков А.К.	Совместные работы
		ГЦ РАН	Родкин М.В.	Совместные работы
		ИА РАН	Сапрыкина И.А.	Совместные работы
		ИБМХ	Ипатова О.М.	Совместные работы
		ИГЕМ РАН	Жариков А.В. Лобанов К.В.	Совместные работы
		ИК РАН	Волков В.В. + 1 чел. Григорьев Ю.В. + 2 чел. Любутин И.С. + 2 чел.	Совместные работы
		ИМЕТ РАН	Банных О.А. Блинов В.М.	Совместные работы
		ИНМИ РАН	Гальченко В.Ф. Филлипова С.Н.	Совместные работы
		ИОНХ РАН	Родникова М.Н.	Совместные работы
		ИСПМ РАН	Музафаров А.М. Озерин А.Н.	Совместные работы
		ИТПЗ РАН	Родкин М.В.	Совместные работы
		ИТЭФ	Джепаров Ф.С.	Совместные работы
		ИФЗ РАН	Баюк И.О. Пономарев А.В. + 2 чел. Салтыковский А.Я.	Протокол
		ФИЦ ХФ РАН	Иткис Д.М. + 3 чел.	Совместные работы
		ФГБУ ``ГНЦ ``Институт иммунологии'' ФМБА России	Андреев С.М. + 2 чел	Совместные работы

		МГУ	Антипов Е.В. + 2 чел. Асланов Л.А. + 3 чел. Кауль А.Р. + 2 чел. Коробов М.В. + 2 чел. Перов Н.С. + 2 чел. Хохлов А.Р. + 3 чел. Ягужинский А.С. + 3 чел.	Совместные работы
		МИТХТ	Василенко И.А. + 2 чел.	Совместные работы
		МИЭТ	Яковлев В.Б. + 2 чел.	Совместные работы
		НИТУ ``МИСиС``	Головин И.С. + 3 чел. Панина Л.В.	Совместные работы
		НИЯУ ``МИФИ``	Менушенков А.П. + 2 чел. Савелова Т.Н. + 3 чел.	Совместные работы
		НИИЯФ МГУ	Панасюк М.И. Тетерева Т.В.	Совместные работы
		НИЦ КИ	Алексеев П.А. + 3 чел. Артемьев А.В. + 2 чел. Мухамеджанов Э.Х. + 2 чел. Эм В.Т. + 3 чел.	Совместные работы
		ОКСАТ НИКИЭТ	Аржаев А.И. Европин С.В. Субботин А.В. Тюрин В.Н.	Совместные работы
		ПИН РАН	Пахневич А.В.	Совместные работы
	Москва, Троицк	ИСАН	Маврин Б.Н. + 2 чел.	Совместные работы
		ИФВД РАН	Бражкин.В.В. + 2 чел. Стишов С.М. + 2 чел.	Совместные работы
		ИЯИ РАН	Коптелов Э.А. Садыков Р.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Булкин А.П. + 2 чел. Григорьев С.В. + 5 чел. Исаев-Иванов В.В. + 2 чел. Курбаков А.И. + 2 чел. Лебедев В.Т. + 2 чел.	Совместные работы
	Долгопрудный	МФТИ	Трунин М.Р. + 15 чел.	Совместные работы
	Дубна	Гос. ун-т ``Дубна``	Гладышев П.П.	Совместные работы
		Инжиниринговый инкубатор	Кривченко В.А.	Протокол
		Литион	Рац Н.А.	Совместные работы

	Екатеринбург	ИФМ УрО РАН	Бобровский В.И. + 2 чел. Кравцов Е.А. + 2 чел.	Совместные работы
		УрФУ	Бабушкин А.Н. + 2 чел. Иванов А.О. + 2 чел.	Совместные работы
	Казань	КНИТУ	Бакеева Р.Ф.	Совместные работы
		КФУ	Никитин С.И. +3 чел.	Совместные работы
	Калининград	БФУ им. И.Канта	Гойхман А.Ю. Клементьев Е.С.	Совместные работы
	Красноярск	ИФ СО РАН	Исхаков Р.С. + 2 чел.	Совместные работы
		СФУ	Столяр С.В. + 2 чел.	Совместные работы
	Нижн. Новгород	ННГУ	Корытцева А.К. Межов-Деглин Л. Орлова А.И.	Совместные работы
		ИФМ РАН	Фраерман А.А. + 3 чел.	Совместные работы
	Пермь	ИМСС УрО РАН	Райхер Ю.Л.	Совместные работы
		ИТХ УрО РАН	Лысенко С Н. + 2 чел.	Совместные работы
	Петрозаводск	ИГ КарНЦ РАН	Рожкова Н.Н. + 2 чел.	Совместные работы
	Подольск	Гидропресс	Ведерников П.А.	Совместные работы
	Ростов-на-Дону	НИИФ ЮФУ	Боровик А.С. Налбандян В.Б.	Совместные работы
	С.-Петербург	СПбГУ	Григорьева Н.А. + 2 чел.	Совместные работы
		ИВС РАН	Смыслов Р.Ю. + 1 чел.	Совместные работы
		ФТИ им. А.Ф.Иоффе	Вахрушев С.Б. + 2 чел. Вуль А.Я. + 2 чел.	Совместные работы
	Стерлитамак	СФ БашГУ	Биккулова Н.Н. + 2 чел.	Совместные работы
	Томск	НИИ ЯФ ТПУ	Сохорева В.В.	Совместные работы
	Тула	ТулГУ	Левин Д.М.	Совместные работы
	Черноголовка	ИФТТ РАН	Антонов В.Е. + 2 чел.	Совместные работы
Румыния	Бухарест	CNMN	Фикай А.	Протокол
		IFIN-HH	Арангел Д. Балашою М. Драголич А. Мэрджинеан Н. Рада М.	Протокол

			Рыпеану С. + 3 чел. Трипадуш В. Эрхан Р.В.	
		INCDIE ICPE- CA	Бара А. Банчиу К. Вечю Г. Добрин И. Ион И. Китану Е. Кодеску М.М. Кырстеа К.Д. Ликсандру А. Лукач М. Манта Э. Патрой Е.А. Патруа Д. Сетнеску Р	Протокол
		INFLPR	Аксенте Э. Джипа Ф. Йосуб С. Михай Л. Попеску Г.В. Сима Ф. Стэнкали А.	Протокол
		ISS	Хашеган Д.	Совместные работы
		NIMP	Кунчер В. Санду В. + 1 чел.	Совместные работы
		UB	Барбинта-Патраску М.Э. Барна Е. + 2 чел. Гадаару Д. Дулиу О. Килом К.	Протокол
		UMF	Ионица А.К.	Совместные работы
		UPB	Бузулою В. Петреску Е. Стан К.	Протокол
		UTM	Петреску К.	Совместные работы
	Бая-Маре	TUCN-NUCBM	Раколта Д. + 4 чел.	Протокол
	Клуж-Напока	INCDTIM	Алмашан В. Бланита Г. Лазер Д. Пана О. Рада С. Рада. Н. Турку Р.	Протокол
		RA BC-N	Бурзо Э.	Протокол

		UBB	Бурзо Э. + 2 чел. Рошиору К. + 3 чел.	Протокол
		UTC-N	Кулеа Е.	Протокол
	Констанца	UOC	Белх М. Владою Р. Москалу Ф.	Протокол
	Крайова	UC	Петреску К. Якобеску Е.	Протокол
	Питешти	ICN	Динка М.	Протокол
		UPIT	Дуку К.	Протокол
	Тимишоара	ICT	Пичоруш М. Пуц А-М. Сави Ч. Янаши К.	Протокол
		ISIM	Бирдеану А.В. + 3 чел.	Совместные работы
		LMF CCTFA	Векаш Л. + 2 чел.	Совместные работы
		RA TB	Векаш Л.	Протокол
		UPT	Грозеску И.	Совместные работы
		UVT	Бика И. + 2 чел. Буною М. Малаевски И. Радулеску К.	Протокол
	Тулча	DDNI	Орхан И.	Протокол
	Тырговиште	UVT	Пехою Г. Радулеску К.	Протокол
	Яссы	NIRDTP	Кириах Х. Лупу Н.	Протокол
		UAI	Петреску К.	Совместные работы
		UAIC	Ишан В. Креанга Д. Онофрей М. Оприка Л. Петреску К. Феличия И. Якоми Ф.	Протокол
		TUIASI	Кашкавал Д.	Протокол
		USAMV	Мирон Л.	Протокол
Словакия	Братислава	CU	Балгавы П. + 3 чел. Дубничкова М.	Совместные работы
	Кошице	IEP SAS	Копчански П. + 2 чел. Тимко М.	Протокол
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз	Ташметов М.Ю. + 2 чел.	Протокол
Украина	Киев	ДонФТИ НАНУ	Белошенко В.А. + 2 чел.	Совместные работы
		ИХП НАНУ	Снегирь С.В. + 1 чел.	Совместные работы

		КНУ	Булавин Л.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Донецк	ДонНУ	Дорошкевич В.С.	Совместные работы
		ДонФТИ	Вальков В.И. + 2 чел. Варюхин В.Н. Решидова И.Ю.	Протокол
	Харьков	ИЭРТ НАНУ	Базалеев Н.И. Клепиков В.Ф. Литвиненко В.В.	Совместные работы
		ННЦ ХФТИ	Гугля А.Г. + 4 чел.	Совместные работы
Чехия	Прага	CTU	Вратислав С. + 3 чел.	Совместные работы
		IG CAS	Локайчик Т. + 3 чел.	Совместные работы
		IMC CAS	Жигунов А. Кофенал М. Штейнгарт М.	Протокол
		IP CAS	Ангелов Б. + 2 чел. Ирак З. + 2 чел.	Совместные работы
		BC CAS	Шафарик И.	Совместные работы
	Острава	Vv SB-TUO	Водарек В. + 3 чел.	Совместные работы
	Ржеж	NPI CAS	Микула П. + 3 чел. Рюхтин В.	Протокол
Венгрия	Будапешт	Wigner RCP	Боттяну Л. Надь Д.Л. + 2 чел. Рошта Л. + 2 чел.	Совместные работы
	Сегед	US	Томбац Э. + 1 чел.	Совместные работы
Германия	Берлин	BAM	Бруно Д. + 1 чел.	Совместные работы
		HZB	Карджилов Н. Раду Ф.	Совместные работы
	Байройт	Ун-т	Хоффман Х. + 2 чел.	Совместные работы
	Бохум	RUB	Вирфлингер А. Цабель Х.	Совместные работы
	Галле	MLU	Нойберт Р. + 4 чел.	Совместные работы
	Гамбург	DESY	Лирман Х.П. Свергун Д.И. + 1 чел.	Совместные работы
	Гёттинген	Ун-т	Лайсс Б. Сигизмунд З. Экольд Г.	Совместные работы
	Гестхахт	HZG	Брокмайер Х.Г. Виллумайт Р. + 4 чел.	Совместные работы
	Дармштадт	TU Darmstadt	Випф Г.	Совместные

			Фусс Х. + 2 чел.	работы
	Дортмунд	TU Dortmund	Винтер Р. + 2 чел.	Совместные работы
	Дрезден	TU Dresden	Оертел К.-Г. Скротцки В.	Совместные работы
		IKTS	Херрманн М. + 1 чел.	Совместные работы
	Карлсруэ	KIT	Шиллинг Ф. + 2 чел.	Совместные работы
	Киль	CAU	Керн Х.	Совместные работы
	Бонн	Ун-т	Фротцхайм Н. Кешплер Р.	Совместные работы
	Констанц	Ун-т	Снегирь С. + 1 чел.	Совместные работы
	Потсдам	GFZ	Цанг А. + 1 чел.	Совместные работы
	Росток	Ун-т	Шмельцер Ю.	Совместные работы
	Фрайберг	IMF TUBAF	Гук С. + 1 чел.	Совместные работы
		TUBAF	Шэбен Х. + 1 чел.	Совместные работы
	Штутгарт	MPI-FKF	Майор Й. Рюм А.	Совместные работы
	Юлих	FZJ	Бюдт Г. + 2 чел. Иоффе А. + 2 чел. Шванн Х. + 2 чел.	Совместные работы
Египет	Каир	EAEA	Ата-Аллах С. + 3 чел.	Совместные работы
	Гиза	CU	Свейлам Н.Х. + 1 чел.	Совместные работы
Италия	Тренто	UniTn	Леони М.	Совместные работы
Сербия	Белград	INS "VIN\w CA"	Матович Б. + 2 чел.	Совместные работы
	Нови-Сад	UNS	Крмар М. + 2 чел.	Совместные работы
ЮАР	Претория	Necsa	Вентер Э. + 5 чел.	Совместные работы
Аргентина	Барилоче	CAB CNEA	Сантистебан Х.	Совместные работы
Великобритания	Дидкот	RAL	Макгриви Р.Л. + 5 чел.	Совместные работы
Индия	Гургаон	AMITY	Шарма Ш. + 2 чел.	Совместные работы
	Патна	NIT Patna	Маджумдер С.	Совместные работы
Испания	Мадрид	CENIM-CSIC	Фернандес Р. + 1 чел.	Совместные работы

Латвия	Рига	IPE	Гаврилов В. Райтман Е. + 2 чел.	Совместные работы
		ISSP UL	Кузьмин А. Штернберг А.Р.	Совместные работы
Норвегия	Тронхейм	NGU	Мюллер А.	Совместные работы
Таджикистан	Душанбе	ИХ АН РТ	Халиков Д.Х.	Протокол
Тайвань	Синьчжу	NSRRC	Танг М. Шеу Х.Ш.	Совместные работы
Франция	Гренобль	IBS	Горделий В.И. + 5 чел.	Совместные работы
	Сакле	LLB	Гукасов А. Мирабо И. Отт Ф. Тексейра Дж.	Совместные работы
Швейцария	Виллиген	PSI	Штробль М. Шефер И. + 2 чел.	Совместные работы
	Цюрих	ETH	Амато А. + 2 чел.	Совместные работы
Япония	Мацумото	Shinshu Univ.	Осава Е. + 2 чел.	Совместные работы
	Минато	Keio Univ.	Ясуоко К. + 1 чел.	Совместные работы
Китай	Харбин	Инженерный университет	Шуйцев А.	Совместные работы
США	Беркли	Университет Калифорнии	Венк Х.-Р.	Совместные работы

Сроки выполнения работы

Научно – исследовательские и научно-методические работы, указанные выше, будут планомерно выполняться в течение периода 2021-2025 гг.

Полная сметная стоимость темы

№№ статей	Наименование статей бюджета	ВСЕГО 2021–2025 гг., kUSD	в т.ч. 2021 г., kUSD
1.	Заработная плата	11158.9	1874.7
2.	Страховые выплаты	3370.0	566.2
3.	Соцбытфонд	725.3	121.9
4.	Расходы по международному сотрудничеству	843.5	168.7
	а)командировки в страны-участницы	88.5	17.7
	б)командировки в страны-неучастницы	239	47.8
	в)командировки на территории России	99	19.8
	г)прием иноспециалистов	400	80
	д)проведение совещаний,представительские	17	3.4
5.	Материалы	3500	650
6.	Оборудование	7700	1420

10.	Оплата услуг научно-исследовательских организаций	300	50
11.	Информация, в т.ч. информационное обслуживание	90	15
	ИТОГО	27687.7	4866.5
	ИБР-2	19000	3200
	КБ	100	17.5
	ЦОЭП	400	69.0
	Накладные расходы ЛНФ	4900	850.0
	ИТОГО	52087.7	9003.0

Смета затрат по теме

№.№ п/п	Наименование работ	Полная стоимость	Расходы в год (тыс. долл. США)				
			1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год
1.	Разработка и создание элементов основной конфигурации спектрометра малоуглового рассеяния и имиджинга на 10 канале.	1290	350	290	250	200	200
2.	Развитие новых спектрометров ДН-6, ГРЭИНС, томографии и радиографии, FSS	2150	450	450	450	400	400
3.	Разработка и создание элементов нейтроноводной системы нового спектрометра неупругого рассеяния в обратной геометрии.	2750	500	500	500	650	600
4.	Модернизация и реконструкция существующих спектрометров (ФДВР, ЮМО, РТД, ДН-12, ФСД, НЕРА, РЕМУР, РЕФЛЕКС, Скат, Эпсилон).	4560	750	870	920	950	1070
5.	Работы по развитию нейтронных методов исследования наносистем и материалов.	450	70	80	100	100	100
	ВСЕГО	11200	2120	2190	2220	2300	2370

Другие источники финансирования

Гранты и программы полномочных представителей стран-участниц ОИЯИ (Польши, Чехии, Словакии, Румынии, Болгарии, Беларуси).

Соглашение ВМВФ-ОИЯИ

Соглашение АРЕ - ОИЯИ

Гранты РФФИ, РФФИ

СОГЛАСОВАНО:

Главный ученый секретарь ОИЯИ

Директор лаборатории

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 2020 г.

Начальник Планово-финансового отдела

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 2020 г.

Начальник Научно-организационного отдела

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 2020 г.

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 2020 г.

Ученый секретарь лаборатории

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 2020 г.

Экономист лаборатории

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 2020 г.

Руководитель темы

_____/_____/_____
“ ____ ” _____ 2020 г.