

Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона

Руководитель темы: Лычагин Е.В.
Заместители: Копач Ю.Н.
Седышев П.В.

Участвующие страны и международные организации:

Австралия, Австрия, Азербайджан, Албания, Беларусь, Бельгия, Болгария, Венгрия, Вьетнам, Германия, Грузия, Египет, Индия, Казахстан, Китай, Македония, Молдова, Монголия, Норвегия, Польша, Республика Корея, Россия, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, США, Таиланд, Турция, Узбекистан, Украина, Финляндия, Франция, Хорватия, ЦЕРН, Чехия, Швейцария, ЮАР, Япония.

Изучаемая проблема и основная цель исследований:

Экспериментальные и теоретические исследования эффектов нарушения симметрий в реакциях с нейтронами и фундаментальных свойств нейтрона для проверки параметров Стандартной модели и поиска "новой физики". Исследования свойств возбужденных ядер, реакций с вылетом заряженных частиц, физики деления. Получение актуальных данных для астрофизики, ядерной энергетики и проблемы трансмутации ядерных отходов с помощью нейтрон- и гамма-индуцированных реакций. Применение методов нейтронной физики в других областях науки и техники. Разработка и создание детекторов нейтронов и других ионизирующих излучений, а также прикладных методов в нейтронной ядерной физике. Развитие импульсного источника резонансных нейтронов ИРЕН и экспериментальной базы на установке ИРЕН и исследовательской ядерной установке (ИЯУ) ИБР-2.

Ожидаемые результаты по завершении этапов темы или проектов:

Научные результаты:

1. Измерение и поиск Р-нечетных и Т-нечетных эффектов в реакциях с поляризованными нейтронами.
2. Получение новых ядерных данных (полные и парциальные нейтронные сечения) в области энергий от тепловых до 1 ГэВ.
3. Измерения угловых и энергетических корреляций в испускании осколков, нейтронов, гамма-квантов и легких заряженных частиц в делении.
4. Измерение угловых корреляций вылета гамма-квантов и нейтронов при взаимодействии меченых нейтронов с энергией 14 МэВ с ядрами (проект ТАНГРА).
5. Отработка методики эксперимента по измерению времени жизни нейтрона на выведенном пучке (канал №1) реактора ИБР-2 (пучковый, оригинальный метод).

6. Теоретическое и экспериментальное исследование нестационарных квантовых эффектов с медленными нейтронами.
7. Теоретическое и экспериментальное исследование моделей взаимодействия медленных нейтронов с алмазными наноструктурами.
8. Элементный анализ слоистых твёрдотельных структур с разрешением по глубине около 10 нм. Измерение концентрации атомов водорода на уровне выше 1 ат. тяжёлых элементов выше 0,01 ат.
9. Определение элементного состава различных образцов ядерно-физическими методами для задач экологии и науках о жизни.

Методические результаты:

1. Стабильная работа ИРЕН на физический эксперимент. Увеличение интенсивности ИРЕН за счёт увеличения частоты.
2. Разработка и развитие методов поляризации нейтронов и ядер для экспериментов по поиску эффектов нарушения четности и временной инвариантности в нейтронно-ядерных взаимодействиях. Создание прототипа поляризованной ядерной мишени.
3. Модернизация электростатического генератора ЭГ-5.
4. Модернизация установки для измерений угловых и энергетических корреляций в нейтронно-ядерных взаимодействиях с использованием меченых нейтронов (проект ТАНГРА).
5. Введение в эксплуатацию установки РЕГАТА-2.
6. Создание прототипа источника очень холодных нейтронов и его тестирование на выведенном пучке нейтронов реакторов ИБР-2 или HFR (Гренобль, Франция).
7. Разработка и создание детектора и регистрирующей аппаратуры для измерения Р-нечетного эффекта в реакции ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$ на холодных поляризованных нейтронах в рамках исследования слабого NN-потенциала в ИЛЛ, Гренобль.
8. Создание и развитие нейтронных и гамма детекторов для космических аппаратов.
9. Создание базы данных нейтронного активационного анализа для Института ядерной физики (Алма-Ата, Казахстан).

Ожидаемые результаты по этапам темы или проектам в текущем году:

Исследования нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами и сопутствующие данные:

1. Разработка и тестирование новой экспериментальной методики измерения ROT-эффекта в делении на пучках поляризованных нейтронов.
2. Измерение редких мод деления с помощью детекторов Timerix.
3. Прецизионные измерение выходов и угловых корреляций γ -квантов и нейтронов при взаимодействии нейтронов с энергией 14 МэВ с ядрами.
4. Исследование вариаций множественностей нейтронов деления и ТКЕ в реакции ${}^{235}\text{U}(n_{\text{res}},f)$ на установке ИРЕН. Исследование процесса $(n,\gamma f)$ в реакции ${}^{239}\text{Pu}(n_{\text{res}},f)$.

5. Исследование реакций (n,p) , (n,α) на быстрых нейтронах для легких ядер (Cl, N) при помощи ионизационной камеры и позиционно-чувствительных детекторов типа Timerix3.

Исследования фундаментальных свойств нейтрона, физика УХН:

1. Создание образцов наноалмазных порошков с уменьшенным содержанием металлических примесей и уменьшенным содержанием элементов с большим сечением захвата нейтронов для создания наночастичных отражателей нейтронов низких энергий.
2. Проведение измерений малоуглового рассеяния нейтронов с полученными образцами для определения их характеристик (размера кристаллов, агломератов и т.п.).
3. Проведение измерений по квазизеркальному отражению ОХН от образца с кристаллитами размером ~ 20 нм.
4. Проведение детальных квантовых расчетов и подготовка проекта экспериментальной установки для нестационарного квантового эксперимента по взаимодействию нейтронов с осциллирующим в пространстве нейтронным интерференционным фильтром.
5. Проведение эксперимента по неупругому нагреву УХН на поверхностных акустических волнах и проверка справедливости модели эффективного потенциала в случае вещества движущегося с экстремальным ускорением порядка $10^7 g$.

Прикладные и методические работы:

1. Развитие системы регистрации время-пролетных спектров токовым методом.
2. Модернизация нейтронновода 1-го канала реактора ИБР-2.
3. Исследование глубинных профилей всех элементов, содержащихся в приповерхностных слоях твёрдотельных образцов.
4. Проведение элементного и изотопного анализа археологических образцов на установке ИРЕН методом нейтронной резонансной спектрометрии и методом нейтронного активационного анализа.
5. Модернизация ПТУ РЕГАТА на реакторе ИБР-2.
6. Проведение элементного анализа растительных, биологических, геологических образцов, а также новых материалов, в том числе наноматериалов, методом нейтронного активационного анализа на реакторе ИБР-2 с использованием ПТУ РЕГАТА.
7. Использование низкофоновой гамма-спектрометрии для анализа содержания радионуклидов в объектах окружающей среды.
8. Создание автоматизированного поста для проведения нейтронного активационного анализа в Институте ядерной физики (Алма-Ата, Казахстан).
9. Создание прототипа установки для элементного анализа с использованием ММН и детекторов гамма-квантов высокого разрешения.

Развитие установки ИРЕН:

1. Обеспечение работы установки ИРЕН на физический эксперимент.

Проекты по теме:

Название проекта

Руководитель проекта

Приоритет проекта

1. TANGRA

Копач Ю.Н.

1 (2014-2022)

Основные этапы темы:

Этап темы или эксперимент	Руководители	Статус проекта или эксперимента
Лаборатория или другие подразделения ОИЯИ Ответственные от лаборатории	Основные исполнители	
1. Исследования нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами и сопутствующие данные	Копач Ю.Н.	Модернизация Набор данных Анализ результатов
ЛНФ	Ахмедов Г.С., Бериков Д., Борзаков С.Б., Буадзе Б., Ву Дык Конг, Гледенов Ю.М., Грозданов Д.Н., Гундорин Н.А., Данилян Г.В., Зейналов Ш.С., Кобзев А.П., Кузнецов В.Л., Кулик М., Мезенцева Ж.В., Миронов С.В., Новицкий В.В., Опреа И.А., Опреа К.Д., Покотиловский Ю.Н., Попов А.Б., Седышев П.В., Седышева М.В., Сидорова О.В., Симбирцева Н.В., Ской В.Р., Суховой А.М., Тележников С.А., Третьякова Т.Ю., Фан Лыонг Туан, Цулая М.И., Чупраков И., Энхболд С. + 24 инженера, 4 рабочих	
2. Исследования фундаментальных свойств нейтрона, физика УХН	Лычагин Е.В.	Модернизация Набор данных Анализ результатов
ЛНФ	Бунатян Г.Г., Горюнов С.В., Еник Т.Л., Захаров М.А., Игнатович В.К., Кузнецов В.Л., Кулин Г.В., Мицына Л.В., Миронов С.В., Музычка А.Ю., Незванов А.Ю., Несипбай А., Покотиловский Ю.Н., Попов А.Б., Реброва Н.В., Стрелков А.В., Франк А.И., Фурман В.И., Шарапов Э.И. + 2 инженера, 1 рабочий	
3. Прикладные и методические работы	Седышев П.В.	Модернизация Набор данных Анализ результатов
ЛНФ	Фронтасьева М.В., Кобзев А.П., Копач Ю.Н., Фурман В.И., Швецов В.Н., Алексеёнок Ю.В., Вергель К.Н., Гед В.М.Б., Гроздов Д.С., Зиньковская И.И., Христовозова Г.Я., Ахмедов Г.С., Симбирцева Н.В., Борзаков С.Б., Грозданов Д.Н., Гундорин Н.А., Кулик М., Мезенцева Ж.В., Опреа И., Опреа К., Ской В.Р., Дмитриев А.Ю. + 22 инженера, 4 рабочих.	
4. Развитие установки ИРЕН	Швецов В.Н.	Модернизация
ЛНФ	Пятаев В.Г., Голубков Е.А., 17 инженеров, 1 рабочий	
ЛФВЭ	Сумбаев А.П., Замрий В.Н., Минашкин В.Ф., 3 инж.	

ЛЯП		Мешков И.Н.	
5. Развитие экспериментальной инфраструктуры установки ИРЕН		Швецов В.Н.	Модернизация
ЛНФ		Беляков А.А., Лычагин Е.В., Пятаев В.Г., Седышев П.В., Трепалин В.А., + 15 инженеров	
6. Модернизация ускорителя ЭГ-5		Дорошкевич А.С.	Модернизация
ЛНФ		Лихачёв А.Н., Кобзев А.П., + 4 инженера.	
7. Проект TANGRA		Копач Ю.Н.	Модернизация Набор данных Анализ результатов
ЛНФ		Ской В.Р., Гундорин Н.А., Швецов В.Н., Третьякова Т.Ю, Алиев Ф., Грозданов Д, Федоров Н.А., Храмко К., Опра И.А., Опра К.Д., Седышев П.В.	
ЛФВЭ		Алексахин В.Ю., Замятин Н.И., Зубарев Е.В., Рогов Ю.Н., Салмин Р.А., Сапожников М.Г., Слепнев В.М., Хабаров С.В.	
ЛЯП		Красноперов А.В., Садовский А.Б., Саламатин А.В.	
ЛРБ		Тимошенко Г.Н.	

Сотрудничество по теме:

Страна или международная организация	Город	Институт или лаборатория	Участники	Статус
Азербайджан	Баку	БГУ	Гаджиева С.Р.	Совместные работы
		ИГГ НАНА	Гусейнов Д.А.	Совместные работы
		ИРП НАНА	Самедов О.А.	Совместные работы
Беларусь	Минск	МГЭИ БГУ	Бусько Е.Г.	Совместные работы
		НИИ ЯП БГУ	Максименко С.А. + 5 чел.	Совместные работы
		НПЦ НАНБ по материаловедению	Игнатенко О.В. + 3 чел.	Совместные работы
Болгария	София	INRNE BAS	Коюмджиева Н. + 2 чел. Русков И. Русков Т. Стоянов Ч. + 2 чел.	Совместные работы
		ПУ	Балабанов Н. + 2 чел. Маринова С. + 3 чел.	Совместные работы
	Пловдив	UFT	Ангелов А. + 5 чел.	Совместные работы
	Ханой	IOP VAST	Ле Хонг Кхьем + 2 чел.	Совместные



		VNU	Фам Динг Кнанг + 5 чел.	работы Совместные работы
Грузия	Тбилиси	AIP TSU	Джапаридзе Г. + 4 чел. Калабагешвили Т.Л. + 5 чел.	Совместные работы Обмен визитами
		TSU	Шетекаури Ш. + 5 чел.	Совместные работы
Казахстан	Нур-Султан	ЕНУ	Омарова Н. + 5 чел.	Совместные работы
	Алма-Ата	ИЯФ	Глущенко В.Н. Ленник С.Г.	Совместные работы
	Усть-Каменогорск	УНИЦ Экологии	Чурсин А.С.	Совместные работы
Молдова	Кишинев	ИМБ АНМ	Чепой Л.Е.	Совместные работы
		ИХ АНМ	Лупашку Т.	Совместные работы
Монголия	Улан-Батор	CGL	Балжинням Н. + 2 чел.	Совместные работы Обмен визитами
		NRC NUM	Хуухэнхуу Г. + 3 чел.	Совместные работы
Польша	Вроцлав	UW	Косиор Г. + 5 чел.	Совместные работы
	Гданьск	GUT	Бизюк М. + 4 чел. Намесник Я. + 2 чел.	Совместные работы
	Краков	NINP PAS	Гродзиньска К. + 4 чел. Юрковски Я. + 1 чел.	Совместные работы
	Лодзь	UL	Шаланьски П., Анджеевски Ю. + 3 чел.	Совместные работы
	Люблин	UMCS	Жук Е. + 3 чел.	Совместные работы
	Ополе	UO	Вацлавек М. + 5 чел.	Совместные работы Обмен визитами
	Отвоцк (Сверк)	NCBJ	Мияновский С. Поланский А. + 2 чел.	Совместные работы
	Познань	AMU	Блащак З. + 4 чел. Навроцик В. + 4 чел.	Совместные работы
Россия	Москва	ВНИИА	Боголюбов Е.П. + 1 чел.	Совместные работы
		ГИН РАН	Ляпунов С.М. + 3 чел.	Совместные работы
		ИКИ РАН	Митрофанов И.Г. + 5 чел.	Совместные работы
		ИТЭФ	Беда А.Г. Данилян Г.В. + 3 чел.	Совместные работы
		ИФХЭ РАН	Сафонов А.С. + 3 чел.	Совместные работы

	МГУ	Бацевич В.А. + 2 чел. Бушуев В.А. Краснушкин А.Б. + 1 чел.	работы Совместные работы
	НИИЯФ МГУ	Третьякова Т.Ю. + 2 чел. Чувильский Ю.М. + 1 чел.	Совместные работы
	НИЦ КИ	Барабанов А.Л. + 2 чел.	Совместные работы
	ИОФ РАН	Михайлова Г.Н.	Совместные работы
Москва, Троицк	ИЯИ РАН	Берлев А.И. Джилкибаев Р.М. Кузнецов В.Л. + 1 чел. Рябов Ю.В. + 7 чел.	Совместные работы
Борок	ИБВВ РАН	Павлов Д.Ф. + 3 чел.	Совместные работы
Владикавказ	СОГУ	Тваури И.В. Лабриненко Ю.В.	Совместные работы
Воронеж	ВГУ	Вахтель В.М. Кадменский С.Г. + 3 чел.	Совместные работы
Гатчина	НИЦ КИ ПИЯФ	Воронин В.В. + 10 чел. Воробьев А.С. + 3 чел.	Совместные работы
Грозный	ЧГПУ	Оказова З.П.	Совместные работы
Дубна	Гос. ун-т "Дубна"	Моржухина С.В. + 5 чел. Сеннер А.Е. + 3 чел. Черемисина Е.Н. + 4 чел.	Совместные работы
	Диамант	Сыроватская Т.Н.	Совместные работы
Екатеринбург	УрФУ	Кружалов А.В. + 5 чел.	Совместные работы
Иваново	ИГХТУ	Гриневич В.И. Дунаев А.М.	Совместные работы
Ижевск	УдГУ	Бухарина И.Л. Зубцовский Н.	Совместные работы
Иркутск	ЛИН СО РАН	Ходжер Т.В.	Совместные работы
Нижн. Новгород	ИФМ РАН	Салашенко Н.Н. Чхало Н.И. + 1 чел.	Совместные работы
Обнинск	ФЭИ	Грудзевич О.Т. + 10 чел.	Совместные работы
С.-Петербург	Ботанический сад БИН РАН	Ткаченко К.Г. + 3 чел.	Совместные работы
	НИИФ СПбГУ	Бунаков В.Е. + 1 чел. Смирнов И.Г.	Совместные работы
	СПбГЛТУ	Алексеев А.С.	Совместные

			+ 10 чел.	работы
		ФТИ им. А.Ф.Иоффе	Вуль А.Я. + 5 чел.	Совместные работы
		Эрмитаж	Пиотровский Б.М. + 3 чел.	Совместные работы
	Севастополь	ФИЦ ИнБЮМ	Мильчакова Н.А. + 2 чел.	Совместные работы
	Томск	НИИ ЯФ ТПУ	Глухов Г.Г.	Совместные работы
	Тула	ТулГУ	Горелова С.В.	Совместные работы
Румыния	Бухарест	IFIN-НН	Апостол А. Гита Д. Пантелика А. + 3 чел. Сетнеску Р.	Совместные работы
		UB	Жила А. Лазану И. Тудора А. Дулиу О. Груя И.	Совместные работы
	Бая-Маре	TUCN-NUCBM	Тодоран Р. + 3 чел.	Совместные работы
	Галац	UG	Энэ А. + 3 чел.	Совместные работы
	Клуж-Напока	INCDTIM	Соран Н.Л.	Совместные работы
	Констанца	NIMRD	Пэтрашку В. + 3 чел.	Совместные работы
		UOC	Белк М. + 2 чел.	Совместные работы
	Мэгуреле	ISS	Потлог П.М.	Совместные работы
	Орадя	UO	Опреа А. + 3 чел. Филип С.	Совместные работы
	Питешти	ICN	Преда М.	Совместные работы
	Рымнику-Вылча	I.C.S.I.	Опря К. Куруя М. + 3 чел. Штефанеску И.	Совместные работы
	Сибиу	ULBS	Чичея Д.	Протокол
	Тырговиште	UVT	Стихи С. + 4 чел. Ралулеску К. Сетнеску Т. Бамкута И. Бамвак М.	Совместные работы
Яссы	UAIC	Куку-Ман С. + 2 чел.	Совместные работы	
Словакия	Братислава	IEE SAS	Гуран Е. Махайдик Д. + 3 чел.	Совместные работы
		ILE SAS	Манковска Б.	Совместные работы
		IP SAS	Климан Я. + 3 чел.	Совместные

				CU	Кучерка Н. + 5 чел. Холи К.	работы Совместные работы
Узбекистан	Ташкент	ИЯФ АН РУз			Артемов С.В.	Совместные работы
Украина	Бердянск	БГПУ			Кидалов В.В.	Протокол
	Киев	ИЯИ НАНУ			Грицай О. + 5 чел.	Совместные работы
		КНУ			Майданюк В. + 5 чел.	Совместные работы
	Донецк	ДонФТИ			Дорошкевич А.С. + 5 чел.	Совместные работы
	Сумы Ужгород	ИПФ НАНУ ИЭФ НАНУ			Пономарев А.Г. Маслюк В.Т. + 5 чел.	Протокол Совместные работы
Чехия	Прага	ИСМА НАНУ			Гринев Б.В.	Совместные работы
		ННЦ ХФТИ			Воронко В.А. + 1 чел. Сотников В.В. + 1 чел.	Совместные работы
	Острава	СТУ			Штекл И. + 15 чел.	Совместные работы
		СЕИ			Кучера Я. + 2 чел.	Совместные работы
Венгрия	Будапешт	UO			Янчик К. + 10 чел.	Совместные работы
		VSB-TUO			Янчик П.	Совместные работы
Германия	Дрезден	RKK OU			Мезарос-Балинт А.	Совместные работы
Германия	Дармштадт	HZDR			Вагнер А.	Совместные работы
	Майнц	GSI			Муттерер М.	Совместные работы
	Мюнхен	JGU			Рис Д.	Совместные работы
	Тюбинген	TUM			Кленке Й. Лауэр Т. Хутану В.	Совместные работы
Египет	Тюбинген	Ун-т			Генненвайн Ф.	Совместные работы
	Каир	ЕАЕА			Рамадан А.Б.	Совместные работы
	Александрия	Ун-т			Бадави М.С. + 3 чел.	Совместные работы
Италия	Рим	Шибин-эль-Ком			Эль Самман Х. + 5 чел.	Совместные работы
		MU				
Италия	Рим	ЕНЕА			Карта М. + 2 чел.	Совместные работы
Сербия	Белград	IPB			Аничич М. + 5 чел.	Совместные работы

		Ун-т	Попович Д.	Совместные работы
	Нови-Сад	UNS	Крмар М. + 3 чел.	Совместные работы
ЮАР	Претория	UNISA	Софианос С.	Совместные работы
	Беллвилл	UWC	Петрик Л. + 5 чел.	Совместные работы
	Стелленбос	SU	Безюденот Ж. + 3 чел. Ньюман Р. + 3 чел.	Совместные работы
Австралия	Мельбурн	Ун-т	Клейн А.Г. + 3 чел.	Совместные работы
Австрия	Вена	МАГАТЭ	Фесенко С.	Совместные работы
	Инсбрук	Ун-т	Цайлингер + 1 чел.	Совместные работы
Албания	Тирана	UT	Лазо П. + 3 чел.	Совместные работы
Индия	Варанаси	BHU	Кумар А. + 3 чел.	Совместные работы
Китай	Пекин	ИНЕР CAS	Чжан Гуахуэй + 5 чел.	Совместные работы
			Чай Зифанг + 3 чел.	Совместные работы
	Сиань	NINT	Сун Чжаохуэ + 3 чел.	Совместные работы
Норвегия	Тронхейм	NTNU	Стейннес Э. + 2 чел.	Совместные работы
Республика Корея	Сеул	Dawonsys	Ким Донг Су	Совместные работы
	Пхохан	PAL	Ким Г. + 3 чел.	Совместные работы
	Тэджон	KAERI	Чанг Д.	Совместные работы
Северная Македония	Скопье	UKiM	Стафилов Т. + 3 чел.	Совместные работы
Словения	Любляна	GeoSS	Шайн Р.	Совместные работы
США	Дарем	Duke	Гоулд К. + 2 чел. Торноу В.	Договор
	Лос-Аламос	LANL	Систрем С. + 5 чел.	Совместные работы
	Ок-Ридж	ORNL	Келер П.	Совместные работы
Таиланд	Хатъяй	PSU	Бонгсуван Т.	Совместные работы
Турция	Чанаккале	COMU	Кошкун М. + 3 чел.	Совместные работы
Финляндия	Оулу	UO	Керонен А. + 3 чел.	Совместные работы
	Йювяскюля	UJ	Тржаска В.	Совместные

Франция	Гренобль	ILL	Гельтенборт П. Йенчель М. Несвижевский В. Петухов А.	работы Совместные работы
		LPSC	Протасов К.В. + 2 чел.	Совместные работы
	Кадараш	CC CEA	Соул Р. + 5 чел.	Совместные работы
	Сакле	LLB	Лерой С. + 2 чел.	Совместные работы
Хорватия	Загреб	IPHC	Стуттже Л. + 2 чел.	Совместные работы
		Oikon IAE	Спирич З. + 5 чел.	Совместные работы
		RBI	Валкович + 2 чел.	Совместные работы
ЦЕРН	Женева	ЦЕРН	Киавери Э. + 12 чел.	Совместные работы
Швейцария	Виллиген	PSI	Лаусс Б. Шмидт-Веленбург Ф.	Совместные работы
Япония	Киото	KSU	Кимура И. + 3 чел.	Совместные работы
	Цукуба	КЕК	Масуда Я. + 5 чел.	Совместные работы
