

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ ИМ. И. М. ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка в 2010 г. охватывала четыре темы Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ. Она была направлена на получение новых результатов по физике конденсированных сред (тема «Исследования наносистем и новых материалов с использованием рассеяния нейтронов», 04-4-1069-2009/2011, руководители В.Л. Аксенов, А.М. Балагуров и Д.П. Козленко); по нейтронной ядерной физике (тема «Нейтронная ядерная физика — фундаментальные и при-

кладные исследования», 03-4-1036-2001/2010, руководители В.Н. Швецов и Ю.Н. Копач). Для обеспечения физических исследований осуществлялось развитие и создание базовых установок лаборатории: ИБР-2 (тема «Развитие и совершенствование комплекса ИБР-2», 04-4-0851-87/2010, руководители А.В. Белушкин и А.В. Виноградов), а также развитие комплекса спектрометров ИБР-2 (тема «Перспективные разработки и создание оборудования для спектрометров ИБР-2М», 04-4-1075-2009/2011, руководители В.И. Приходько и С.А. Куликов).

НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

В связи с остановкой реактора ИБР-2 на проведение реконструкции научная экспериментальная работа сотрудников НЭОНИКС осуществлялась в нейтронных и синхротронных центрах в России и за рубежом. Она велась согласно существующим соглашениям о сотрудничестве, а также в соответствии с принятыми заявками на эксперимент. Работы на реакторе ИБР-2 выполнялись по плану модернизации спектрометров.

Научные результаты. Проведено исследование магнитной и кристаллической структуры сложного оксида кобальта $\text{Pr}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{CoO}_3$ с помощью дифракции нейтронов и синхротронного излучения в диапазоне температур от 1,5 до 1120 К. В отличие от других соединений $\text{Ln}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{CoO}_3$ в нем наблюдаются как переход парамагнетик–ферромагнетик при $T_C \approx 226$ К, так и еще один магнитный фазовый переход при $T_A \approx 120$ К, сопровождающийся изменением характера поведения намагниченности во внешних магнитных полях и аномалией в поведении упругих свойств материала. При температурах около 800, 300 и 120 К зарегистрированы после-

довательные структурные переходы с понижением кристаллической симметрии от кубической ($\text{Pm}\bar{3}\text{m}$) до ромбоэдрической ($\text{R}\bar{3}\text{c}$), затем до ромбической (Imma) и триклинной ($\text{P}\bar{1}$). Полученные результаты помогли уточнить предложенные ранее модели кристаллической структуры различных фаз. При переходе в фазу $\text{P}\bar{1}$ наблюдались аномалии температурного поведения некоторых межатомных расстояний и углов, а также переориентация магнитных моментов кобальта.

Исследованы структурные и магнитные фазовые переходы в сложном оксиде — мультиферроике ViMnO_3 при воздействии высоких давлений [1]. Уникальной чертой данного соединения по сравнению с другими мультиферроиками является сочетание магнитоэлектрических эффектов с ферромагнитным упорядочением. При давлении $P = 1$ ГПа наблюдался структурный фазовый переход между двумя моноклинными модификациями симметрии C2/c , который сопровождался значительным изменением параметров элементарной ячейки и некоторых межатомных расстояний. Структурный фазовый переход

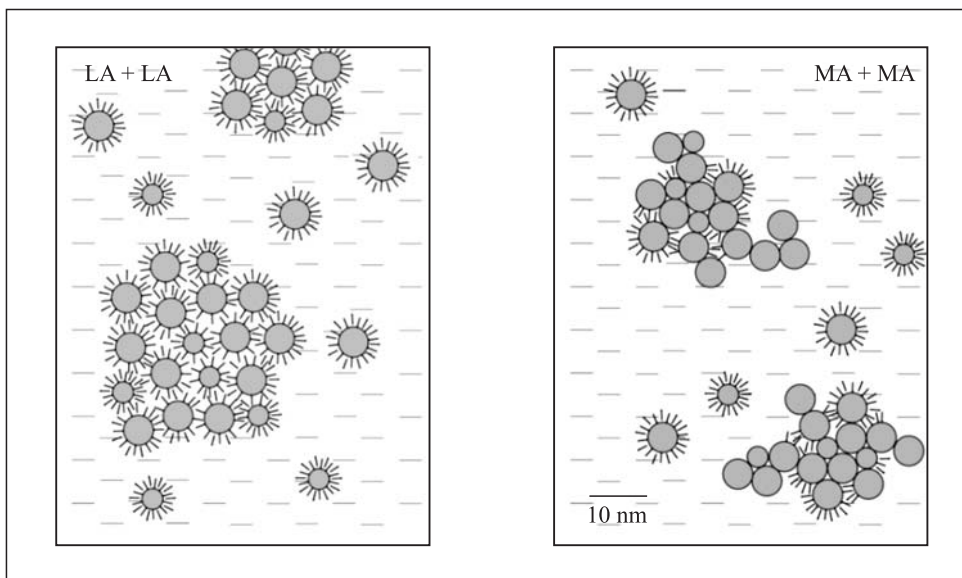


Рис. 1. Схематическое представление структуры кластеров в двух биосовместимых водных феррожидкостях с двойной стабилизацией наночастиц магнетита лауриновой (LA + LA) и миристиновой (MA + MA) кислотами по данным вариации контраста МУРН (сотрудничество с Румынией)

сопровождается изменением характера магнитного упорядочения с ферромагнитного ($T_C = 100$ K) на антиферромагнитный ($T_N = 90$ K) с вектором распространения $k = (1/2 \ 1/2 \ 1/2)$. С дальнейшим повышением давления при $P \sim 8$ ГПа наблюдался структурный фазовый переход в орторомбическую фазу симметрии Pbnm. Полученные результаты позволили выявить роль конкурирующих сверхобменных взаимодействий в механизме возникновения магнитоэлектрических явлений.

Методом малоуглового рассеяния нейтронов исследованы структурные характеристики наноструктурированных силикатных стекол, содержащих оксиды церия и титана [2]. Установлено, что оптические свойства стекол, в частности, коэффициент пропускания, сильно зависят от среднего размера кластеров Ce-Ti-O, образующихся при допировании CeO_2 и TiO_2 .

С помощью малоуглового рассеяния нейтронов определены структурные характеристики биосовместимых феррожидкостей [3], синтезируемых для терапии раковых опухолей мозга человека. Для стабилизации наночастиц магнетита (размер ~ 10 нм, полидисперсность $> 50\%$) в жидкой среде использован двойной слой миристиновой (MA + MA) или лауриновой (LA + LA) кислот. В образцах обнаружено присутствие кластеров наночастиц с характерным размером 30–40 нм. Установлено, что если для образцов типа LA + LA кластеры состоят из частиц магнетита, полностью покрытых оболочкой ПАВ толщиной около 3,5 нм, то в случае образцов типа MA + MA кластеры состоят из частиц магнетита с неполным покрытием ПАВ (рис. 1).

В рамках исследования растворов фуллеренов со средней полярностью ($\epsilon \sim 10\text{--}50$) изучена система C60/N-метил-пирролидон (NMP), которая характеризуется образованием в ней со временем (порядка месяца после растворения) больших (размер до 500 нм), но стабильных кластеров из молекул фуллерена [4]. Рост кластеров предложено отслеживать с помощью экстракции в органический растворитель, не смешиваемый с NMP, например, гексан. Кластерообразование коррелирует с временным сольватохромным эффектом и заканчивается переходом всего C60 в составе C60/NMP в неэкстрагируемые кластеры. Переход из молекулярного в коллоидный (кластерный) раствор проявляется в масс-спектрах высушенных растворов. При добавлении в систему воды экстракция возобновляется, что указывает на разрушение кластеров за счет отсоединения одиночных молекул C60. Появление одиночных молекул в растворе подтверждается масс-спектрометрией, а уменьшение размеров кластеров регистрируется малоугловым рассеянием нейтронов.

Методом дифракции синхротронного излучения исследованы водные растворы мультислойных везикул мембран (МСВ), моделирующих липидную составляющую слизистой оболочки ротовой полости млекопитающих на основе церамида-6, и мембран, входящих в ее состав, из смеси сфингомиелен/дипальмитоилфосфатидилхолин/дипальмитоилфосфатидил-этанолламин с церамидом-6 в диапазоне температур 20–80 (90) °C. Установлено, что смесь сфингомиелен/фосфолипиды при высоких температурах (70–80 °C) склонна к образованию обратной гексагональной фазы. Цера-

мид-6 при мольной доле 0,2–0,3 увеличивает значение периода повторяемости МСВ смеси сфингомиелен/фосфолипиды на величину около 1 Å и препятствует образованию обратной гексагональной фазы при высоких температурах.

Продолжались экспериментальные исследования по проблеме сосуществования ферромагнетизма (F) и сверхпроводимости (S) в слоистых гетероструктурах [5]. Наблюден обратный эффект близости в СП/ФМ-гетероструктуре V/Fe, объясняющийся поляризацией куперовских пар в сверхпроводящем слое. Исследована зависимость эффекта от структурных и магнитных параметров.

Проведены теоретические расчеты по изучению малоуглового рассеяния от детерминированного фрактала — обобщенного фрактала Кантора [6]. Детерминированные фракталы являются моделью точных самоподобных структур нанообъектов, которые стало возможно получать в последнее время благодаря развитию современных нанотехнологий. Форм-фактор для обобщенного фрактала Кантора был вычислен аналитически для произвольных значений волнового вектора и любых конечных итераций фрактала, что позволяет использовать его для описания рассеяния от ориентационно-упорядоченных множеств фракталов. Для неупорядоченно расположенных фракталов интенсивность рассеяния моно- и полидисперсных фракталов получена в виде простых интегралов.

Продолжены исследования структурных характеристик дендримеров [7]. С помощью малоуглового рассеяния нейтронов и метода вариации контраста показано, что распределение рассеивающей плотности в объеме дендримера является однородным в пределах экспериментальной ошибки. Сделана количественная оценка объема, доступного проникновению растворителя внутрь дендримера. Изучены особенности поведения системы дендример–растворитель при различных концентрациях и внешних условиях.

Проведены эксперименты по исследованию распространения упругих волн в модельных неоднородных анизотропных средах — образцах оргстекло + монокристаллический кварц, оргстекло + поликристаллический графит (с известной текстурой), эпоксидная смола + биотит. Показано, что в модельных материалах эпоксидная смола + биотит, отличающихся на порядок по размеру зерен биотита (0–0,4 мм и 2–5 мм), скорости продольных упругих волн с различными частотами совпадают. Предложено использовать метод дискретных вейвлет-преобразований для анализа акустических сигналов и определения скоростей поперечных упругих волн. Проведено сопоставление теоретических расчетов с ультразвуковыми данными на физических моделях, получено удовлетворительное совпадение результатов.

Проведено нейтронографическое исследование остаточных напряжений в образце аустенитной не-

ржавеющей стали AISI 321 крестообразной формы, подвергнутом двусосному циклированию в виде периодического растяжения–сжатия. Под действием пластической деформации аустенитная матрица испытала частичную трансформацию, что привело к появлению в образце новой мартенситной ферромагнитной фазы. С помощью дифракции нейтронов по времени пролета измерены полные остаточные напряжения в обеих фазах циклированного образца, а также макронапряжения и микронапряжения в обеих фазах.

На основе анализа данных текстурных измерений полифазного гранитного щебня из Рудных гор показано, что магматическое течение и ориентированный рост кристаллов в анизотропном поле напряжений являются основными процессами образования текстуры. Выполнены текстурные измерения каменной соли из различных источников в северной Германии с целью изучения механизмов активной деформации. Несмотря на наличие внешней деформации, выделенных направлений ориентаций зерен не установлено. Был сделан вывод, что во время деформационных процессов текстура не развивается или же уже существовавшая текстура разрушается из-за миграционных процессов границ зерен.

Проведено исследование спиновой динамики в системе в $\text{Ce}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{Al}_3$ при переходе от состояния с тяжелыми фермионами (ТФ) при $x = 0$ к состоянию с переменной валентностью (ПВ) при $x = 0,5$ методом неупругого рассеяния нейтронов [8]. Показано, что замещение церия иттрием приводит к сильной трансформации спектральных компонент магнитного отклика из-за усиления k - f -гибридизации.



Рис. 2. Головная часть рефлектометра GRAINS, установленная в кольцевом коридоре реактора ИБР-2М (сотрудничество с Германией, Венгрией, Румынией)

Методические результаты. Завершен монтаж прерывателя пучка и головной части зеркального нейтроновода нового дифрактометра для исследования микрообразцов ДН-6 на канале 6Б модернизированного реактора ИБР-2. Продолжено изготовление зеркал для хвостовой части нейтроновода. Подготовлена техническая документация для изготовления механической части ДН-6. В НЭОКС ЛНФ начато изготовление газового ПЧД-детектора.

Завершена установка головной части нового многофункционального рефлектометра GRAINS на канале 10 модернизированного реактора ИБР-2 (рис. 2). Завершено изготовление, проведена первичная сборка и проверка на вакуум вакуумного кожуха системы формирования пучка. Продолжено изготовление фонового прерывателя нейтронов барабанного типа с горизонтальной щелью. Продолжено создание автономной вакуумной системы рефлектометра. Начато проектирование и изготовле-

ние системы управления шаговыми двигателями установки и программного обеспечения рефлектометра, завершено изготовление и проверка 2D позиционно-чувствительного детектора нейтронов (совместно с НЭОКС).

Завершены работы по монтажу и юстировке механических узлов и зеркальных сегментов нейтронного концентратора спектрометра ДИН-2ПИ.

Подготовлен проект по созданию нейтронного спектрометра для исследований переходных процессов в реальном времени на модернизированном реакторе ИБР-2.

Проведены методические работы по получению микропучков поляризованных нейтронов с шириной ~ 1 мкм. Показано, что сочетание немагнитного волновода и рефлектометра поляризованных нейтронов является наиболее перспективной конфигурацией для исследования магнитных наноструктур с помощью микропучка поляризованных нейтронов.

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Совместно с ИТЭФ (Москва) проведены исследования T -нечетной трехвекторной корреляции в эмиссии мгновенных нейтронов деления ядер ^{235}U поляризованными холодными нейтронами на установке MERISTO реактора FRM II Технического университета Мюнхена (TUM). В пределах ошибки измерения $2,3 \cdot 10^{-5}$ искомой корреляции не обнаружено. Установлен верхний предел для коэффициента асимметрии на уровне достоверности 99% $|D_n| < 6 \cdot 10^{-5}$. Одновременно измерялась и пятивекторная корреляция в эмиссии нейтронов деления, описывающая эффект вращения делящегося ядра в момент его разрыва. Под углом $22,5^\circ$ к оси разлета осколков коэффициент корреляции оказался равным $(1,57 \pm 0,20) \cdot 10^{-4}$, тогда как под углом $67,5^\circ$ в пределах ошибок измерения он равен нулю [9].

Проведен теоретический анализ экспериментов по измерению спиновой релаксации поляризованного ^3He в газовых ячейках на предмет извлечения ограничений на P, T -неинвариантное дальнедействующее взаимодействие. Получены новые ограничения на P, T -неинвариантное нуклон-нуклонное взаимодействие в диапазоне 10^{-4} –1 см. Градиент дальнедействующего зависящего от спина нуклон-нуклонного взаимодействия между ядрами ^3He и нуклонами стенок ячейки, содержащей поляризованный газ ^3He , должен влиять на скорость его спи-

новой релаксации. Ограничения получены на основе экспериментальных данных по продольной спиновой релаксации поляризованного ^3He [10].

Совместно с сотрудниками ИЛЛ и Университета Фурье (Гренобль, Франция) предложен проект нового высокоинтенсивного источника УХН производительностью 10^7 – 10^8 с $^{-1}$, объемная плотность УХН в котором может достигать 10^5 см $^{-3}$. Эти показатели на три порядка превышают ныне существующие источники. Источник представляет собой сферический сосуд, заполненный жидким гелием при температуре 0,6 К и окруженный замедлителем из твердого метана. Такая схема источника позволяет располагать его на выведенных пучках тепловых нейтронов, что многократно снижает тепловую нагрузку на источник и, соответственно, стоимость источника. Это позволяет многократно расширить спектр применения УХН не только для научных, но также для прикладных и образовательных целей [11].

В цикле работ, посвященных исследованию эмиссии мгновенных нейтронов при вынужденном нейтронами низких энергий делении ядер, были представлены результаты исследования свойств мгновенных нейтронов деления (МНД), испускаемых при спонтанном делении ^{252}Cf , и исследования свойств деления ядер быстрыми нейтронами в диапазоне энергий 0,4–3,0 МэВ с применением методов ци-

фровой обработки сигналов. Цель работ состояла в исследовании природы экспериментально наблюдаемой аномальной (с точки зрения современных теоретических представлений о процессе испускания МНД) зависимости среднего числа МНД от полной кинетической энергии осколков деления. Было продемонстрировано, что влияние потерь энергии осколков деления в подложке мишени является одним из главных источников ошибок фактором, ограничивающим применение двойной ионизационной камеры в традиционной постановке, в экспериментах по исследованию свойств МНД, испускаемых при делении ядер ^{235}U , ^{239}Pu и др. Предложены модификации традиционно используемых экспериментальных методик с целью устранения присущих им систематических погрешностей [12].

Разработана, построена и испытана новая система для измерения малых ($< 10^{-7}$) эффектов нарушения пространственной четности в ядерных реакциях с поляризованными холодными нейтронами. Система базируется на использовании цифрового сигнального процессора. Разработанный вариант интегрального метода позволяет работать в широком диапазоне частот переключения поляризации нейтронов (0,1–50 Гц), при этом сохраняется возможность использовать процедуру компенсации синхронных флуктуаций сигналов. Испытания проводились на пучке холодных поляризованных нейтронов PF1B реактора ИЛЛ. Экспериментально показано, что если измеряемый сигнал имеет спектральную плотность мощности, убывающую с ростом частоты, измерение на повышенной частоте переключения позволяет уменьшить погрешность в одиночном канале до значения, определяемого только статистикой реакции, и дает возможность работать с одним детектором. Это позволяет достаточно просто проводить

работы по изучению P -нечетных эффектов в полном и радиационном сечениях, где трудно, а иногда невозможно, выделить два канала с разными знаками эффектов для применения процедуры компенсации синхронных шумов [13].

Была измерена временная зависимость выхода запаздывающих нейтронов из массивной (315 кг) глубокоподкритичной урановой мишени при облучении ее релятивистскими дейтронами. Обработка результатов показала, что деление ядер ^{238}U внутри мишени происходит при энергиях вторичных нейтронов 15–25 МэВ и что число делений в объеме мишени увеличилось примерно в восемь раз (с погрешностью 20 %) с ростом энергии падающего пучка дейтронов от 1 до 4 ГэВ. Таким образом, несмотря на ограниченный размер мишени, вызывающий большую утечку нейтронов, впервые получено указание на возможный рост коэффициента усиления мощности падающего пучка в размножающей среде [14].

Совместно с Институтом физики им. Э. Андроникашвили, Тбилиси, Грузия, и Техническим университетом в Дельфте, Нидерланды, проведен НАА образцов бактерий *Arthrobacter globiformis* 151В с целью изучения их способности к детоксификации хрома и ртути. Работа имеет большое прикладное значение для разработки методов очистки окружающей среды от токсичных металлов [15].

На базе низкофоновых лабораторий Университета Коменского в Братиславе, Словакия, и NECSA, Претория, ЮАР, завершены измерения содержания Cs^{137} и Pb^{210} в образцах мха, отобранных в Белоруссии спустя 20 лет после Чернобыльской аварии. Сопоставление полученных результатов с данными анализа аэрозольных фильтров Словакии показало эффективность использования методики мхов-биомониторов для радиологической оценки состояния окружающей среды в Белоруссии [16].

ИМПУЛЬСНЫЙ РЕАКТОР ИБР-2

1. В течение января–февраля 2010 г. после выполнения наладочных работ на системе натриевого охлаждения реактора был выполнен разогрев натриевых контуров, успешно произведено заполнение натрием контуров охлаждения и включена циркуляция натрия в дежурном режиме. Проведена очистка теплоносителя с помощью холодных ловушек, тарировка уровней расширительных баков и корпуса реактора и градуировка расходомеров.

2. После монтажа исполнительных механизмов (ИМ) на штатном месте была выполнена наладка

системы управления и контроля перемещения рабочих органов. Проведены испытания аварийной защиты реактора в режимах принудительного срабатывания (под действием шагового двигателя и ускоряющей пружины) и срабатывания только под действием пружины. Полученные результаты положительные, соответствуют проектным требованиям. Были определены диапазоны перемещения всех рабочих органов — установлены конечные выключатели верхнего и нижнего положения, проверена стабильность их срабатывания. Замечаний по работе ИМ не было.

Проведены испытания ИМ систем управления и защиты (СУЗ) на электромагнитную совместимость. Результаты испытаний положительные.

3. Проводились монтаж, наладка и испытания автоматизированной системы управления и защиты (АСУЗ-12Р). В ноябре комплекс АСУЗ-12Р был предъявлен рабочей комиссии для проведения физического пуска реактора.

4. Произведена перегрузка отработавших тепло-выделяющих сборок (ТВС) ИБР-2 из основного хранилища в дополнительное хранилище, которое было

смонтировано в конце 2009 г. Обеспечена готовность основного хранилища ТВС к физическому пуску.

5. В активную зону загружен пусковой нейтронный источник.

6. Все технологические системы реактора прошли комплексные испытания перед физическим пуском.

7. Реактор прошел проверку рабочей комиссией на готовность к проведению физического пуска.

8. Физический пуск модернизированного реактора ИБР-2 был начат в соответствии с планом.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРОВ ИБР-2

Создан и смонтирован в экспериментальном зале ИБР-2 полномасштабный стенд криогенного замедлителя, включающий в себя систему транспортировки мезитиленовых шариков в камеру замедлителя, технологическую систему управления и контроля стенда, а также камеру-имитатор макета замедлителя. В настоящее время стенд и система контроля находятся в опытной эксплуатации. В октябре 2010 г. на стенде были получены оптимистичные результаты: произведена загрузка камеры-имитатора на ~ 30 % объема (рис. 3).

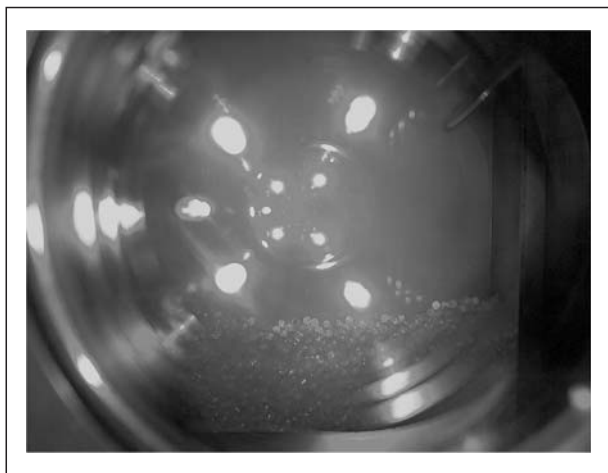


Рис. 3. Снимок мезитиленовых шариков в камере-имитаторе, сделанный веб-камерой

Начаты работы по созданию на реакторе ИБР-2 в ОИЯИ нового фурье-дифрактометра высокого разрешения, основанного на узлах спектрометра FSS (Fourier Stress Spectrometer), который длительное время использовался в исследовательском цен-

тре GKSS (Германия). Разработана схема расположения узлов дифрактометра FSS на 13-м канале ИБР-2. На новом дифрактометре будут вестись исследования внутренних напряжений в конструкционных материалах и промышленных изделиях, а также тестирование нового оборудования с целью дальнейшего развития корреляционного метода Фурье для анализа упругого рассеяния нейтронов на кристаллах (повышение светосилы, улучшение разрешающей способности и т.д.). На этом же канале предполагается проводить испытания детекторов и других элементов спектрометров, разрабатываемых в ЛНФ, т.е. использовать его как тестовый пучок. В настоящее время в КБ ЛНФ ведутся проектные работы по обустройству канала.

Системы формирования нейтронных пучков. Совместно с институтами ФРГ и ПИЯФ, Гатчина, продолжались работы по реконструкции нейтронно-проводов на 7-м канале ИБР-2 и модернизации дифрактометров ЭПСИЛОН и СКАТ (в соответствии с планом-графиком проекта ВМВФ-ОИЯИ). Смонтирована головная часть нейтронно-проводной системы (сплиттер), произведены юстировка оптических элементов и засыпка защитным материалом, осуществляется вакуумная наладка. Изготовлены вакуумные кожухи и юстировочные опоры для выходной части нейтронно-проводов ЭПСИЛОН и СКАТ. Изготовлен дисковый фоновый прерыватель и измерены на стенде его характеристики при работе с системой управления в режиме фазировки. Завершено изготовление и ведется наладка трех барабанных λ-прерывателей. Ведется монтаж изогнутых нейтронно-проводов спектрометров ЭПСИЛОН и СКАТ (рис. 4), монтаж вакуумного оборудования и вакуумирование нейтронно-проводов. Начаты работы по реконструкции нейтронно-провода спектрометра НЕРА-ПР. Разработаны



Рис. 4. Первые секции изогнутых нейтронных волноводов ЭПСИ-ЛОН (слева) и СКАТ (справа) (сотрудничество с Германией)

рабочие чертежи нейтронного волновода и произведен демонтаж старого нейтронного волновода.

Расчеты спектрометров. Завершены расчеты спектра нейтронов, моделирование и оптимизация геометрии пучков от замедлителя до образца для спектрометров, расположенных на каналах 4 (ЮМО) и 10 (GRAINS) реактора ИБР-2. Выполнено моделирование всех элементов прототипа установки с поляризованными нейтронами GRAINS. Результаты моделирования практически совпали с аналитическими расчетами. Разработаны несколько новых модулей программного пакета VITNESS (моделирование адиабатического радиочастотного флиппера, моделирование движущихся круглых щелей (решеток), моделирование универсального поляризационного зеркала).

Выполнено проектирование установки для очистки гелия-3. Чертежи сданы в производство.

Прерыватели и исполнительные механизмы. Проведены испытания в режиме стабилизации фазы прерывателей 4-го, 7-го и 8-го каналов с новыми частотными приводами фирмы TOSHIBA. Испытаны в кольцевом коридоре на каналах 6а и 6б барабанные прерыватели на базе двигателей постоянного тока. Точность стабилизации фазы составила 25–50 мкс.

Проведена модернизация системы смены образцов на 4-м канале ИБР-2 (ЮМО). Разработан проект модернизации системы управления гониометром и платформой с детектором на спектрометре РЕМУР. В рамках проекта предложена структурная схема унифицированной системы управления шаговыми двигателями и системы сбора данных с датчиков, которые могут быть использованы при модернизации систем управления исполнительными механизмами (ИМ) и на других спектрометрах ИБР-2.

Детекторы. Для ПЧД спектрометра GRAINS выполнены работы по оптимизации встроенного программного обеспечения (firmware) нового электрон-

ного блока сбора и накопления данных с детектора и начата разработка программного обеспечения на стороне РС. Были проведены также испытания этого детектора с электроникой De-Li-DAQ1 на 4-м канале реактора Института ядерной физики в Ржеже (Чешская Республика). Измерения проводились в течение нескольких дней с использованием различных щелевых масок, рассеивателей и пр. Для калибровки использовались детекторы Image Plate и 1D ПЧД фирмы «Орделла». Результаты измерений основных характеристик детектора совпадают с результатами, полученными в 2009 г. на реакторе ИР-8 в РНЦ «Курчатовский институт», и соответствуют проектным значениям. Таким образом, ПЧД прошел всестороннюю проверку в различных условиях эксплуатации.

С 2010 г. в разработке и изготовлении кольцевого секционированного детектора тепловых нейтронов для дифрактометра ДН-6 участвуют специалисты ИЯИ, Ржеж.

Электроника. Разработаны архитектура и принципиальные электрические схемы унифицированного блока для сбора и накопления данных (СНД) с многосчетчиковых детекторных систем дифрактометров ЭПСИЛОН, ДН-6, ФДВР и др. В настоящее время проходит испытания прототип системы СНД на 16 детекторных элементов (СНД-16). Он предназначен для спектрометра РЕФЛЕКС и может использоваться на других установках, где число детекторных элементов не превышает 16.

Локальная сеть ЛНФ. Новый маршрутизатор Switch Catalyst 3560E-24TD-E установлен в экспериментальном зале ИБР-2. Он должен обеспечить коммутацию, прием и передачу блоков информации в диапазоне скоростей от 10 Мбит/с до 10 Гбит/с; внутрисегментные пересылки данных по скрученной паре и волоконно-оптическим линиям связи; связь с центральным сегментом сети по волоконно-оптической линии связи. В настоящее время совместно со специалистами Лаборатории информационных технологий ведутся работы по адаптации маршрутизатора в существующую сеть ЛНФ и сеть ОИЯИ.

Программное обеспечение. В 2010 г. продолжались работы по развитию и совершенствованию комплекса Sonix + (адаптация Sonix + для дифрактометра ФСД, подготовка версии Sonix + для спектрометра РЕФЛЕКС, перевод Sonix + на Visual Studio 2008, расширение состава драйверов и др.). Начата разработка программы юстировки, общей для рефлектометров РЕФЛЕКС, РЕМУР и GRAINS. Подготовлена и введена в эксплуатацию новая версия сайта WebSonix <http://sonix.jinr.ru>.

Юбилейный семинар «50 лет с момента пуска реактора ИБР» прошел 23 июня. Более 40 физиков и технических специалистов, принимавших участие в пуске реактора ИБР в 1960 г., были приглашены поделиться воспоминаниями о времени создания первого в мире импульсного реактора со своими младшими коллегами из Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка.

В 2010 г. при содействии ЛНФ были проведены 3-и Высшие курсы для молодых исследователей, студентов, аспирантов и докторов наук из стран СНГ по современным методам исследований наносистем и материалов «Синхротронные и нейтронные исследования наносистем» (СИН-нано-2010) (4–17 июля, Москва–Дубна). ЛНФ также было организовано две научные школы для молодых ученых и специалистов: Всероссийская молодежная научная школа «Современная нейтронография: фун-

даментальные и прикладные исследования функциональных и наноструктурированных материалов» (25 октября — 2 ноября, Дубна) и Всероссийская молодежная научная школа «Приборы и методы экспериментальной ядерной физики. Электроника и автоматика экспериментальных установок» (11–13 ноября, Дубна). Проведенные школы явились продолжением традиций ЛНФ по организации школ, посвященных фундаментальным и прикладным исследованиям в области нейтронной физики, физики конденсированного состояния, материаловедения и других смежных областях.

С 26 по 29 мая в ОИЯИ проходил 18-й Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами «Фундаментальные взаимодействия и нейтроны, ядерная структура, ультрахолодные нейтроны, смежные вопросы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kozlenko D. P. et al.* Competition between Ferromagnetic and Antiferromagnetic Ground States in BiMnO_3 at High Pressures // *Phys. Rev. B.* 2010. V. 82. P. 014401–014406.
2. *Belushkin A. V., Kozlenko D. P.* Structural Organization of Nanomaterials and Nanosystems: Neutron Scattering Insight // *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology.* 2010. V. 1. P. 023002–023009.
3. *Avdeev M. V. et al.* Structure and in Vitro Biological Testing of Water-Based Ferrofluids Stabilized by Monocarboxylic Acids // *Langmuir.* 2010. V. 26. P. 8503–8509.
4. *Кызыма О. А.* Aggregate Development in C_{60}/N -methyl-2-pyrrolidone Solution and Its Mixture with Water as Revealed by Extraction and Mass Spectroscopy // *Chem. Phys. Lett.* 2010. V. 493. P. 103–106.
5. *Aksenov V. L.* Peculiarities of Magnetic States in «Ferromagnet-Superconductor» Heterostructures due to Proximity Effects // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2010. V. 211. P. 012022–012027.
6. *Cherny A. Yu.* Scattering from Generalized Cantor Fractals // *J. Appl. Cryst.* 2010. V. 43. P. 790–797.
7. *Розачев А. В. и др.* Структура кремнийорганических дендримеров высоких генераций // *Физика твердого тела.* 2010. Т. 52, № 5. С. 979–983.
8. *Goremychkin E. A.* Transition from Heavy-Fermion to Mixed-Valence Behavior in $\text{Ce}_{1-x}\text{Y}_x\text{Al}_3$: A Quantitative Comparison with the Anderson Impurity // *Phys. Rev. Lett.* 2010. V. 104. P. 176402.
9. *Данилян Г. В. и др.* T-нечетные угловые корреляции в эмиссии мгновенных гамма-лучей и нейтронов деления ядер поляризованными нейтронами // ЯФ (направлено); *Danilyan G. V. et al.* T-odd Angular Correlations in Prompt Gamma Rays and Neutrons Emission in Nuclear Fission Induced by Polarized Neutrons // *Phys. At. Nucl.* (in press).
10. *Pokotilovski Yu. N.* Limits on Short-Range Spin-Dependent Forces from Spin Relaxation of Polarized ^3He // *Phys. Lett. B.* 2010. V. 686. P. 114–121.
11. *Nesvizhevsky V. et al.* Application of Diamond Nanoparticles in Low-Energy Neutron Physics // *Materials.* 2010. V. 3. P. 1768–1781; doi:10.3390/ma3031768.
12. *Zeynalov Sh. et al.* Neutron Emission in Fission of $^{252}\text{Cf}(\text{SF})$ // *Proc. of the Intern. Conf. «Nuclear Data for Science and Technology»*, Jeju island, Korea, April 26–29, 2010. ND1067 (in press).
13. *Весна В. А. и др.* Новый вариант интегрального метода измерений малых эффектов в экспериментах на выведенных пучках атомного реактора при частоте переключения знака эффекта выше основных частот спектра флуктуаций мощности реактора // *ЖТФ.* 2010. Т. 80 (11). С. 140–148; *Vesna V. A. et al.* New Version of the Integrated Method for Measuring Small Effects in Experiments on

- Beams Extracted from a Nuclear Reactor at the Effect Sign Switching Frequency above the Fundamental Frequencies of the Reactor Power Fluctuation Spectrum // *Exp. Instr. Techn.* 2010. V.55 (11). P. 1687–1695.
14. *Furman W. et al.* Time-dependent Spectra of Neutrons Emitted by Interaction of 1 and 4 GeV Deuterons with Massive Natural Uranium and Lead Targets // *Proc. Int. Conf. «Nuclear Data for Science and Technology»*, Jeju island, Korea, April 26–29, 2010. ND1067 (in press).
 15. *Tsibakhashvili N. et al.* NAA for Studying Detoxification of Cr and Hg by *Arthrobacter Globiformis* 151B // *J. Radioanalyt. Nucl. Chem.*, 2010. V. 286, No.2. P. 533–537. DOI 10.1007/s10967-010-0815-y.
 16. *Aleksiyenak Yu. V. et al.* Atmospheric Deposition of Radionuclides in Belarus: 20 Years after Chernobyl // *Proc. of the XVII Intern. Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei*, Dubna, May 27–29, 2009. Dubna, 2010. P. 78–84.