

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ им. И. М. ФРАНКА

Научная программа Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка в 2006 г. охватывала пять тем Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ. Она была направлена на получение новых результатов по физике конденсированных сред (тема «Нейтронные исследования структуры и динамики конденсированных сред», 07-4-1031-99/2008, руководители В. Л. Аксенов и А. М. Балагуров); по нейтронной ядерной физике (тема «Нейтронная ядерная физика — фундаментальные и прикладные исследования», 06-4-1036-2001/2007, 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», 07-4-851-87/2007,

руководители В. Д. Ананьев и Е. П. Шабалин) и ИРЕН (тема «Создание установки ИРЕН (Проект ИРЕН)», 06-4-0993-94/2006, руководители В. Н. Швецов, И. Н. Мешков и В. Г. Пятаев), а также развитие комплекса спектрометров ИБР-2 (тема «Разработка и создание элементов нейтронных спектрометров для исследования конденсированных сред», 07-4-1052-96/2008, руководители А. В. Белушкин и В. И. Приходько).

Актуальные вопросы исследований, проводимых в кооперации с ведущими ядерными центрами, были рассмотрены на XIV Международном семинаре по взаимодействию нейтронов с ядрами, V рабочем совещании по исследованиям на реакторе ИБР-2, международном совещании по кристаллографии при высоких давлениях и международном рабочем совещании по малоугловому рассеянию.

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Основные научные результаты. Вслед за сложными оксидами марганца (манганитами), основной особенностью которых является эффект колоссального магнитного сопротивления [1], растущий интерес проявляется к сложным оксидам кобальта (кобальтатам) типа $\text{Ln}_{1-x}\text{M}_x\text{CoO}_3$, где Ln — лантанид, M — щелочно-земельный элемент. С научной точки зрения кобальтиты интересны сильными корреляциями между решеточными, зарядовыми, спиновыми и орбитальными степенями свободы. Оксиды кобальта важны для практики в связи с их использованием в качестве электродов в источниках тока. Особенности фазовых переходов в кобальтатах связаны с нарушением баланса между внутриатомной энергией Хунда и энергией кристаллического поля, связанной с конфигурацией октаэдров CoO_6 . В результате ион Co^{3+}

может находиться в трех разных спиновых состояниях: низкоспиновом (LS, $t_{2g}^6 e_g^0$), промежуточном (IS, $t_{2g}^5 e_g^1$), высокоспиновом (HS, $t_{2g}^4 e_g^2$).

На реакторе ИБР-2 исследовались атомная и магнитная структуры кобальтитов, в том числе при высоких внешних давлениях [2]. На дифрактометре ФДВР изучался состав $\text{Pr}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{CoO}_3$, в котором ранее наблюдались несколько магнитоструктурных фазовых переходов. Дифракционные спектры были измерены в широком диапазоне температур (10–780 К) в основном в режиме нагрева образца. В этом диапазоне обнаружены два фазовых перехода ($T_1 \approx 120$ и $T_2 \approx 300$ К), в ходе которых изменяются магнитная и кристаллическая структуры образца. При нагревании симметрия последовательно повышается

от триклинной до ромбической и затем до ромбоэдрической. Переходы сильно размыты по температуре, а между 120 и 300 К фазы сосуществуют (см. рисунок). Магнитные измерения подтверждают, что структурный переход при 300 К совпадает с ферромагнитной точкой Кюри. Природа магнитного перехода при 120 К пока остается неизвестной [3].

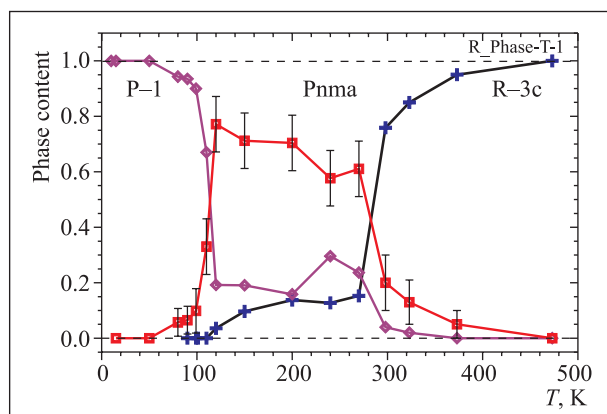


Рис. 1. Содержание структурных фаз в образце в зависимости от температуры

На дифрактометре ДН-12 проведено исследование кристаллической и магнитной структуры гексагональных фрустрированных манганитов $R\text{MnO}_3$ ($R = \text{Y}, \text{Lu}$) при высоких давлениях до 6 ГПа. Полученные экспериментальные данные вместе с результатами предыдущих исследований других гексагональных манганитов позволили установить взаимосвязь между симметрией треугольного АФМ-состояния с параметром искажения треугольной решетки s , образованной атомами Mn и O. Полученная обобщенная магнитная фазовая диаграмма позволяет объяснить наблюдаемые изменения симметрии магнитного состояния при химическом замещении (изменении ионного радиуса R элемента) и приложении высокого давления за счет вариации s [4].

В рамках структурных исследований факторов, влияющих на стабилизацию магнитных жидкостей, начато планомерное изучение эффекта избытка поверхностно-активного вещества (ПАВ) в магнитных жидкостях на их стабильность. В качестве первой системы выбрана классическая магнитная жидкость на основе магнетита, диспергированного в бензол и покрытого одинарным слоем олеиновой кислоты. Известно, что эта система наиболее стабильна, когда весь ПАВ адсорбирован на поверхности магнетита, т.е. в отсутствие свободного ПАВ в растворе. В связи с этим с помощью малоуглового рассеяния нейтронов были исследованы растворы олеиновой кислоты ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$) в дейтерированном бензоле (C_6D_6). Целью работы было определение характера взаимодействия между молекулами кислоты, а также прояснение возможности

их кластеризации. Кривые рассеяния в приближении Гинье указывают в целом на отталкивание между молекулами ПАВ. Однако определенное из этих данных значение второго вириального коэффициента $B = -0,02$ значительно больше, чем для системы твердых шаров ($B = -8$). Это говорит о том, что компонента притяжения существенна в парном потенциале взаимодействия между молекулами. Определенный из данных МУРН объем молекулы олеиновой кислоты, 657 \AA^3 , значительно отличается от ее ван-дер-ваальсового объема, 523 \AA^3 , и в то же время практически совпадает с удельным объемом чистой олеиновой кислоты в ее жидком состоянии. Для прояснения данного наблюдения начаты работы по моделированию изучаемой системы методами молекулярной динамики [5].

На спектрометре РЕМУР проведено исследование магнитного упорядочения и доменной структуры в слоях $20 \times [\text{Fe}(1,993 \text{ нм})/\text{Cr}(1,2 \text{ нм})]/\text{MgO}$. В этой структуре намагниченности соседних слоев железа направлены антипараллельно. В плоскости слоев существуют домены, которые также упорядочены антиферромагнитно. Тип магнитного межслоевого упорядочения зависит от толщины слоя хрома. Было предложено изменять толщину слоя хрома его сжатием и растяжением с помощью звуковой волны мегагерцевого диапазона. В рефлектометрических экспериментах с поляризованными нейтронами наблюдаются эффекты изменения диффузного рассеяния нейтронов в зависимости от доменной структуры и появления неупругого рассеяния нейтронов благодаря возникновению колебаний магнитных моментов слоев. Полученная зависимость поляризационной способности от переданной компоненты волнового вектора Q_x (вдоль пучка нейтронов) при различных значениях частоты звука $f_0 = 50$ и $3f_0 = 150$ МГц показала, что с увеличением частоты Q_x -распределение уширяется, что говорит об уменьшении размера домена. Таким образом, показано, что можно управлять магнитной структурой антиферромагнитно-упорядоченной структуры $20 \times [\text{Fe}(1,993 \text{ нм})/\text{Cr}(1,2 \text{ нм})]/\text{MgO}$, изменяя уровень или частоту звуковой волны. Это открывает новую возможность управления магнитной структурой, которая характеризуется большим быстродействием [6].

На дифрактометре ДН-2 изучался распад гидратного клатрата с дейтерием состава $32\text{D}_2 : 136\text{D}_2\text{O}$ при нагреве до 250 К с фиксированием отдельных этапов его разложения. Кратковременный (15 мин) нагрев образца с последующей закалкой до температуры жидкого азота (95 К) позволил осуществить ступенчатое удаление водорода из пор клатрата при одинаковых условиях длительной съемки для изучения взаимодействия матрицы с молекулами внедренного дейтерия. Оказалось, что параметр решетки в этих условиях не зависит от концентрации дейтерия, т.е. никаких признаков усиления его взаимодействия

с решеткой не обнаружено. Для решения вопроса о характере экстракции дейтерия анализировались интенсивности отдельных рефлексов. Так, графически, наложением на расчетный растр (hkl) столбца экспериментальных интенсивностей, были установлены составы гидридов при отжиге. Расчет исходной картины методом Ритвельда дал наилучшее согласие при концентрации 32 молекулы D₂ на ячейку, где 16 молекул находятся в большой поре (8b, по 2 мол.) и 16 молекул — в малой поре (16c, по 1 мол.). После кратковременного (15 мин) нагрева до температуры 145 К изменения в структуре клатрата минимальны. Постепенное удаление водорода возможно до температуры 195 К, когда начинается рост примесной фазы льда, а состав достигает минимального значения $x = 16_{8b} + 16 \cdot 0,7_{16c} = (27,2 \pm 0,5)D_2$. После отогрева до 220 К наблюдается разложение клатрата и появление интенсивных линий кристаллических фаз льда (Ih, Ic) с заметной долей фазы аморфного льда низкой плотности [7].

Проведены комплексные исследования физических свойств синтетического монокристаллического кварца и кварцевого порошка в температурной области α - β -перехода методами нейтронной дифракции и механической спектроскопии. Определена кристаллическая структура кварцевых порошков с разной средней величиной зерен в температурном интервале до 620 °С и температуре фазового α - β -перехода. Получены температурные зависимости величины внутреннего трения и резонансной частоты у образцов кварца в окрестности температуры фазового перехода при возбуждении колебаний в параллельной и перпендикулярной оси Z кварца плоскостях. Зарегистрированы различные значения температур точек максимума внутреннего трения, лежащие в интервале от 560–620 °С. Высказаны предположения о возможных причинах смещения температуры перехода. Обнаружен максимум внутреннего трения вблизи значения 350 °С, не связанный со структурными превращениями в кварце. Цель дальнейших работ — определение причины смещения точки фазового α - β -перехода в кварце и природы пика внутреннего трения при 350 °С.

На спектрометре обратной геометрии НЕРА изучены вибрационные спектры изомеров гексана, для которых также проведены расчеты в рамках метода DFT. Спектры неупругого рассеяния измерены для изомеров: 2- или 3-метил-пентан и 2,2- или 2,3-

диметил-бутан с общей формулой C₆H₁₄. Одновременно измерялись дифракционные спектры этих образцов, что позволяло контролировать структуру твердых фаз. DFT-вычисления структуры и динамики молекул изученных изомеров были сделаны для интерпретации низкочастотной части спектра внутренних колебаний, которая хорошо видна на экспериментальных спектрах, измеренных при низкой температуре. Особый интерес в этих вычислениях был связан с тем, что спектры неупругого рассеяния диизопропила, измеренные в стеклоподобной и кристаллической фазах, отличались друг от друга. Сравнение вычисленных и измеренных спектров показывает, что внутренние колебания в состоянии ориентационного стекла (OG) соответствуют колебаниям в *gauche*-форме молекулы. Это предполагает низкие потенциальные барьеры для внутренних вращений молекулярных групп CH(CH₃)₂, что также было подтверждено DFT-вычислениями.

На спектрометре ДИН-2ПИ на образцах AgCuSe впервые с использованием метода рассеяния медленных нейтронов проведено исследование атомной динамики в суперионной и несуперионной фазах этого соединения. Анализ динамического структурного фактора $S(Q, \omega)$ указывает на наличие низкоэнергетических мод в области энергий 3–4 мэВ в упорядоченном состоянии AgCuSe, предположительно отвечающих акустическим фононным модам. Установлена корреляция между переходом в суперионное состояние AgCuSe и изменениями в динамике кристаллической решетки, заключающаяся в резком изменении спектров динамического структурного фактора, обобщенной плотности фононных состояний, термодинамических свойств. Увеличение амплитуды тепловых колебаний, изменение теплоемкости при переходе в суперионное состояние свидетельствует о значительном смягчении фононного спектра в α -AgCuSe. Плотность фононных состояний $G(\varepsilon)$ в α - и β -AgCuSe характеризуется недебаевским поведением в области малых энергий и двумя выраженными максимумами при $\varepsilon \sim 10$ и 20 мэВ. Причиной отклонения $G(\varepsilon)$ от дебаевской зависимости является присутствие моды низкоэнергетических возбуждений. При переходе от β - к α -фазе наблюдается размытие максимумов при $\varepsilon \sim 10$ и 20 мэВ как следствие изменения многих факторов атомной динамики исследуемой системы.

НЕЙТРОННАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Экспериментальные исследования. В 2006 г. экспериментальная программа в области нейтронной ядерной физики в ЛНФ им. И.М.Франка включала традиционные направления как фундаментальных, так и прикладных исследований,

проводившихся на пучках ИБР-2 и ЭГ-5, а также в сотрудничестве с другими ядерными центрами России, Болгарии, Польши, Чехии, Германии, Республики Кореи, Франции, США и Японии.

В 2006 г. были завершены работы по изготовлению полномасштабной установки для измерения сечения рассеяния нейтрона на нейтроне на реакторе ЯГУАР. Выполнены первые калибровочные измерения на инертных газах с хорошо известным сечением. Измеренное на постоянной мощности реактора сечение рассеяния тепловых нейтронов на ^4He составило $(0,87 \pm 0,13)$ б (табличное значение — $0,760$ б). Однако при измерениях в импульсном режиме обнаружено, что детектор испытывает перегрузки, связанные с высоким уровнем γ -фона от реактора. Ведутся работы по оптимизации защиты детектора и модернизации электроники с целью уменьшения времени восстановления в случае перегрузки [8].

Обработаны данные эксперимента по наблюдению изменения энергии нейтрона при прохождении через ускоренное вещество, проведенного на реакторе ILL (Гренобль). Существование эффекта следует из справедливости принципа эквивалентности и детальных нейтронно-оптических расчетов. Изменение энергии нейтрона, зарегистрированное в опыте, составляло величину порядка $2 \cdot 10^{-10}$ эВ. При этом образец — кремниевая пластина — двигался со знакопеременным ускорением, достигавшим величины $7,5 g$. Соответствующее изменение энергии нейтрона регистрировалось гравитационным спектрометром УХН с интерференционными фильтрами в фазе с движением образца. Полученные результаты, несомненно, свидетельствуют о существовании этого эффекта, впервые наблюдаемого в эксперименте. Его величина соответствует теоретическим предсказаниям с точностью порядка 15 %. Осознано, что хотя эффект ускоренного вещества наблюдался пока только в нейтронно-оптическом эксперименте, он имеет весьма универсальную природу и должен существовать и для частиц иной природы [9].

На пучке Н8 импульсного нейтронного источника KENS (КЕК, Япония) проведен эксперимент, целью которого являлась проверка эффективности управления поляризацией тепловых и эпитепловых нейтронов с помощью радиочастотного поля. Поляризация нейтронов и анализ их поляризации осуществлялись устройствами на основе поляризованного ^3He с оптической накачкой, созданными коллаборацией КЕК–ЛНФ ОИЯИ в 2003–2005 гг. Результаты эксперимента хорошо согласуются с расчетами и показали высокую эффективность предложенного метода. Разработанная методика будет использована для управления нейтронной поляризацией в эксперименте по проверке T -инвариантности во взаимодействии поляризованных нейтронов с поляризованными ядрами, постановка которого планируется на строящемся источнике JSNS [10].

В рамках экспериментов по поиску нейтральных токов в нуклон-нуклонных взаимодействиях и определению слабой π -мезонной константы связи в коллаборации с ПИЯФ, ILL и Техническим универ-

ситетом Мюнхена проведен «нулевой» эксперимент по определению фоновой асимметрии на пучке холодных поляризованных нейтронов PF1B (ILL, Гренобль) для цикла измерений P -нечетной асимметрии в реакции $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$. Получено значение $\alpha_0 = (0,0 \pm 0,5) \cdot 10^{-8}$. Сопоставление этого результата с результатом основного эксперимента $\alpha_t = -(8,6 \pm 2,0) \cdot 10^{-8}$ показывает, что наблюдаемый эффект обусловлен P -нечетной асимметрией тритонов из реакции $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$. Из полученных данных следуют ограничения на величину слабой π -мезонной константы связи: $f_\pi = (0,4 \pm 0,4) \cdot 10^{-7}$, в предположении, что другие константы равны теоретическим «лучшим значениям», и $-1,2 \cdot 10^{-7} \leq f_\pi \leq 1,6 \cdot 10^{-7}$ с учетом теоретических и экспериментальных неопределенностей других констант [11].

В коллаборации Ювяскуля–Дармштадт–Дубна–Гатчина в JYFL (Финляндия) была проведена серия экспериментов по изучению деления с использованием двух мозаик полупроводниковых детекторов. В первом эксперименте исследовались угловые и массово-энергетические корреляции осколков деления в реакции $^{238}\text{U} + ^4\text{He}$ (40 МэВ). Угловое разрешение установки позволяло вести прямой поиск событий тройного коллинеарного распада. Предварительный анализ полученных данных таких событий не выявил. Был обнаружен ряд других эффектов, которые могут давать косвенное указание на существование экзотических мод деления. Во втором эксперименте было проведено прецизионное измерение энергетических распределений α -частиц и ядер ^6He , испускаемых в процессе тройного спонтанного деления ^{252}Cf . Наблюдалось существенное отклонение спектров от гауссовой формы в низкоэнергетической области. Качественно такое отклонение воспроизводится траекторными расчетами. В то же время показано, что учет точной формы энергетического спектра существенно влияет на определение выходов легких заряженных частиц в тройном делении [12, 13].

В рамках сотрудничества с ИКИ РАН специалистами ЛНФ и ЛРБ были проведены расчеты угловой зависимости эффективности лабораторного прибора ЛЕНД, предназначенного для анализа нейтронного излучения на орбите Луны в составе орбитального аппарата НАСА Lunar Reconnaissance Orbiter 2008. Были также проведены экспериментальные калибровки лабораторного прототипа прибора.

Прикладные исследования. В рамках международной программы «Атмосферные выпадения тяжелых металлов (ТМ) в Европе — оценки на основе анализа мхов-биоиндикаторов» завершен большой цикл работ, связанных с одновременным сбором образцов в 2005–2006 гг. в ряде районов Центральной России, Южного Урала, Белоруссии, Болгарии, Словакии, Польши, Румынии, Сербии, Македонии, Хорватии и Греции для проведения многоэлементного активационного анализа на реакторе ИБР-2.

Результаты анализа по 13 элементам (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sb, Ti, V и Zn) будут переданы в Европейский атлас атмосферных выпадений ТМ. Аналогичные исследования проведены в Монголии и Вьетнаме. Особый интерес представляют

результаты анализа мхов-биоиндикаторов из биосферных заповедников (Приокско-террасного и Воронежского), полученные в сотрудничестве с Институтом глобального климата и экологии (Москва) [14].

НЕЙТРОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Импульсный реактор ИБР-2. В 2006 г. реактор ИБР-2 работал в соответствии с утвержденным графиком. На физический эксперимент отработано около 2250 ч. Распределение времени на эксперименты на спектрометрах реактора производилось в соответствии с рекомендациями экспертов по поступившим заявкам и имеющимися долгосрочными обязательствами.

Основные результаты по модернизации ИБР-2 в 2006 г.

1. Была успешно решена главная задача года — изготовление тепловыделяющих сборок (ТВС) для реактора ИБР-2М. В июле 2006 г. была получена лицензия на изготовление ТВС в ОИЯИ, а 12.07.2006 г. собрана первая ТВС в присутствии специальной комиссии. 16.11.2006 г. работа была завершена: изготовлено 89 ТВС, что обеспечивает стартовую загрузку нового реактора (63 ТВС) и запас на выгорание (~ 40 %).

2. В ОП ОИЯИ завершено изготовление откатных защит, проведена их контрольная сборка и испытания. Изготовлены органы регулирования реактора (блоки аварийной защиты, компенсирующие регуляторы, ручной регулятор).

3. СУЗ ИБР-2М.

- Завершен опытный образец АСУЗ (СНИИП-СИСТЕМАТОМ), проводятся его испытания на реакторе ИБР-2.

- В СНИИП-СИСТЕМАТОМ начаты работы по штатной АСУЗ, включая новый пульт управления.

- В ИНЭУМ продолжались работы по созданию системы контроля технологических параметров.

- В ОП ОИЯИ изготовлен опытный образец привода КО, ведется работа над опытным образцом привода аварийной защиты.

4. Комплекс замедлителей ИБР-2М.

- Завершаются: изготовление КГУ-700/15 в «Гелиймаше»; технический проект замедлителей для трех направлений: пучки 2–3, пучки 4–6, пучки 7–11 (НИКИЭТ); проект технологической части (ГСПИ); рабочий проект криогенных трубопроводов и промежуточных теплообменников («Гелиймаш»).

- В ЛНФ выполнены расчетные и экспериментальные работы по транспортировке шариков C_9H_{12} , разработана КД на генератор шариков.

5. Разработана, согласована и утверждена «Программа работ на реакторе ИБР-2 в режиме временного останова (2007–2010 гг.)», а также график работ по модернизации ИБР-2 в период временного останова.

На обеспечение работ по модернизации ИБР-2 в 2006 г. было израсходовано на 1 декабря 2006 г. около 900 тыс. долл. США, в т.ч. ОИЯИ — 550 тыс. долл. США, Росатомом — 350 тыс. долл. США.

Проект ИРЕН. Главными задачами Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории физики частиц в 2006 г. являлись завершение демонтажа реактора ИБР-30 и монтаж имеющегося оборудования первой очереди ускорителя ЛУЭ-200.

1. *Вывод из эксплуатации ИБР-30.* В соответствии с утвержденным планом-графиком выполнены следующие работы. Подготовлен и представлен в Ростехнадзор РФ «Отчет по оценке состояния ядерной и радиационной безопасности ИИР ИБР-30 в 2005 г.». Демонтировано и транспортировано в зд. 117/6 все оборудование из зала реактора за исключением шиберов пучков, которые будут использованы для первой очереди ИРЕН. Освобождены все смежные с залом реактора помещения зд. 43. Проведена ревизия и ремонт входной двери в зал реактора. Проведена дезактивация и подготовка зала реактора к ремонту.

2. *Работы по ускорителю ЛУЭ-200.* Завершено теоретическое обоснование возможности получения нужных параметров пучка электронов в первой очереди ускорителя. Смонтирован на штатном месте и налажен модулятор клистрона МК1. Смонтирован на штатном месте модулятор и импульсный трансформатор для электронной пушки. Проведена контрольная сборка СВЧ-тракта первой секции. Укомплектована стойка питания системы вакуумных насосов первой секции ЛУЭ-200. Проведена контрольная сборка. Произведена контрольная сборка и паспортизация катушки группирователя. В зд. 43 произведен монтаж с геодезической привязкой фокусирующего солениода первой ускоряющей секции. Смонтирована на штатном месте электронная пушка. До конца года будет завершена прокладка трассы водоснабжения для системы водоохлаждения и термостабилизации ЛУЭ-200.

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НЕЙТРОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Работы по теме велись по следующим основным направлениям: создание нейтронных детекторов; развитие систем окружения образца; развитие систем сбора данных и вычислительной инфраструктуры.

Газовые детекторы. В 2006 г. на дифрактометре ФДВР и спектрометре «Рефлекс» введены в эксплуатацию однокоординатные позиционно-

чувствительные детекторы на основе многопроволочной пропорциональной камеры. Программное обеспечение для сбора и накопления данных с этого детектора интегрировано в управляющий комплекс Sonix.

Разработан двухкоординатный ПЧД со следующими характеристиками (см. таблицу):

| | |
|------------------------------|---|
| Газовая смесь | 2000 мбар He ³ + 2000 мбар CF ₄ |
| Эффективность | 60 % |
| Чувствительная область | 225 × 225 мм |
| Координатное разрешение X, Y | 2–3 мм |
| Скорость счета | до 10 ⁶ соб./с |
| Диффер. неоднородность | < 10 % |
| Съем сигнала | Линии задержки, старт от анода |

Разработана конструкторская и технологическая документация на детектор.

Завершена отладка электроники и программного обеспечения микрострипового детектора, а также проведена серия стендовых испытаний детектора и испытания на пучке ИБР-2.

Сцинтилляционные детекторы. Разработана конструкция 4-й и 3-й секций дифрактометра ФСД.

Разработана конструкция детекторной системы дифрактометра ДН-12. В конструкции предусмотрено использование двух групп детекторов, расположенных в области угла рассеяния 90° и угла рассеяния 45°.

Совместно с Институтом физики металлов РАН (Екатеринбург) разработан, изготовлен и сдан в эксплуатацию 100-канальный сцинтилляционный детектор тепловых нейтронов для спектрометра Д7А, установленного на реакторе ИВВ-2М Свердловского филиала НИКИЭТ. Детектор построен по модульному принципу, что позволяет разместить чувствительные поверхности каналов на цилиндрической поверхности с произвольным радиусом.

Развитие систем окружения образца. В состав системы управления исполнительными механизмами спектрометра введены: устройство ввода рассеивателя в нейтронный пучок перед ПЧД-детектором спектрометра ЮМО; устройство вращения вокруг вертикальной и горизонтальной осей и вертикального перемещения образца на базе гониометра HUBER спектрометра СКАТ.

Разработан и испытан контроллер SMC-32-CAN систем управления исполнительными механизмами

спектрометров при их модернизации во время остановки реактора ИБР-2.

Изготовлен криостат на основе замкнутого цикла с криокулером РТ-405 на импульсных трубках для работы в диапазоне 8–300 К. Криостат использован на спектрометре ДН-2 для измерений спектров рассеянных нейтронов на мезитиле, который рассматривается как наиболее перспективный материал для холодных замедлителей модернизированного реактора ИБР-2.

Развитие систем сбора данных и вычислительной инфраструктуры. Введен в эксплуатацию новый центральный сервер Sun Fire X4200 (AMD-64 platform) с операционной системой OS Solaris 2.10 и устройством массовой памяти Storage Array (6,4 Тбайт). Это позволило значительно увеличить вычислительную мощность компьютерного кластера ЛНФ и расширить предоставляемое пользователям дисковое пространство. Выполнен первый этап работ по созданию новой архитектуры компьютерного кластера ЛНФ и оптимизации коммуникационных линий сети. Замена существующих коммутаторов центрального ядра сети на маршрутизирующие коммутаторы Cisco 3750, установка интерфейса 1 Гбит/с в коммутатор Cisco 8510 CSR и применение высокоскоростных соединений на основных линиях сети позволили повысить надежность сетевых операций и обеспечить связь с сетью ОИЯИ и другими сетями на гигабитных скоростях. Была также выполнена реорганизация Web-сервера ЛНФ.

По программному обеспечению систем сбора данных выполнены следующие основные работы: на

спектрометрах ЮМО и ФДВР введены в эксплуатацию ПЧД под управлением Sonix+ (PC, Windows); подготовлена и протестирована в Дубне версия Sonix+ для спектрометра ДСД (ИФМ РАН, Екатеринбург); начаты работы по установке комплекса Sonix+ на нейтронный дифрактометр МОНД (РНИЦ «Курчатовский институт», Москва); программный комплекс Sonix+ был дополнен в сервисной части, а также усовершенствован для улучшения эксплуатационных характеристик; начата разработка программного обеспечения для удаленного наблюдения за экспериментами на спектрометрах ИБР-2 по сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Balagurov A. M., Pomjakushin V. Yu. Structural aspects of the giant oxygen isotope effect in perovskite manganese oxides // *Crystallography Reports*. 2006. V. 51(5). P. 828–839.
2. Golosova N. O. et al. High pressure effects on the crystal and magnetic structure of $\text{Nd}_{0,78}\text{Ba}_{0,22}\text{CoO}_3$ cobaltite // *J. Experim. Theor. Phys. Lett.* 2006. V. 84. P. 16–20.
3. Balagurov A. M. et al. Structural origin of the giant oxygen isotope effect in $\text{Re}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{MnO}_3$ perovskites // *Physica. B*. 2006. V. 385–386. P. 94–96.
4. Kozlenko D. P. et al. High Pressure Effect on the Crystal and Magnetic Structure of LuMnO_3 : Correlation between the Distortion of the Triangular Lattice and the Symmetry of the Magnetic State in Hexagonal Frustrated Manganites // *JETP Lett.* 2006. V. 83. P. 346–350.
5. Avdeev M. V. et al. Comparative analysis of the structure of sterically stabilized ferrofluids on polar carriers by small-angle neutron scattering // *J. Col. Interface Sci.* 2006. V. 295. P. 100–107.
6. Aksenov V. L. et al. // *JETP Lett.* 2006. V. 84, issue 9. P. 563–569.
7. Киселев М. А. и др. Влияние керамида 6 на структуру и гидратацию мембраны дипальмитоилфосфатидилхолина // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2006. № 6. С. 30–37.
8. Sharapov E. I. et al. An approach to the spatial-temporal analysis of the $n-n$ collision in the YAGUAR experiment // *Proc. of the XIII International Seminar on Interactions of Neutrons with Nuclei (ISINN-13)*. Dubna, 2006. P. 130.
9. Frank A. I. et al. // *JETP Lett.* 2006. V. 84. P. 435–439.
10. Masuda Y. et al. Ramsey Resonance for a Pulsed Beam // *Phys. Lett.* (accepted for publication).
11. Весна В. А. и др. Нулевой эксперимент при изучении P -нечетной асимметрии вылета тритонов в реакции ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$. Препринт ПИЯФ 2697. Гатчина, 2006. 17 с.
12. Pyatkov Yu. et al. Searching for Rare Decay Modes in the Reaction ${}^{238}\text{U} + {}^4\text{He}$ (40 MeV) // *Proc. Intern. Symp. on Exotic Nuclei «EXON-2006»*. Khanty-Mansiysk, 17–22 July 2006.
13. Mutterer M. et al. Energy Distribution of Ternary α -Particles in ${}^{252}\text{Cf}(\text{sf})$ // *Proc. 6th Intern. Conf. Dynamical Aspects of Nuclear Fission «DANF-2006»*, Smolenice Castle, Slovak Republic, October 2–6, 2006.
14. Frontasyeva M. V. Neutron activation analysis at the IBR-2 reactor in Dubna for Life Sciences // *Ecological Chemistry and Engineering*. 2006. V. 13, No. 5. P. 373–381.