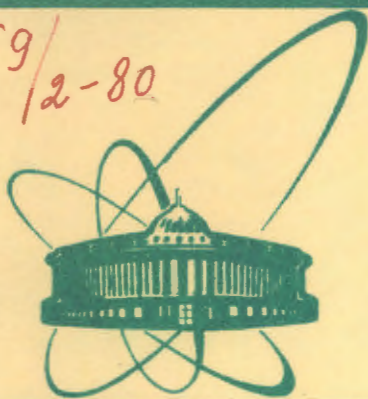


469/2-80



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

4/2-80

P3 - 12829

И.М.Франк

КРАТКИЙ ОБЗОР
НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ЛАБОРАТОРИИ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ В 1978 Г.

1979

Франк И.М.

РЗ - 12829

Краткий обзор научной деятельности Лаборатории нейтронной физики в 1978 году

Работа содержит основные результаты научной деятельности Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ в 1978 г. в области ядерной физики и физики конденсированных сред, включая исследования биологических объектов. Сообщается об обнаружении радиационного захвата нейтронов с энергией до 70 кэВ ядрами гелия-3, исследовании альфа-распада нейтронных резонансов в ядре теллура-123, об итогах изучения радиационного захвата протонов методом усреднения по резонансам и других ядерно-физических работах. Приводятся результаты исследования структуры иммуноглобулинов методом малоуглового рассеяния нейтронов, сегнетоэлектриков - методом дифракции нейтронов и других веществ - методом неупругого рассеяния тепловых нейтронов. Сообщаются и обсуждаются итоги физического пуска реактора ИБР-2 в импульсном режиме.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Frank I.M.

РЗ - 12829

Brief Survey of Scientific Activity of the Laboratory of Neutron Physics

Scientific activity of the Laboratory of Neutron Physics in 1978 in the field of nuclear physics and condensed matter research including biological objects is reviewed. In the Laboratory the radiative capture of neutrons with energies up to 70 keV by He-3 nuclei were observed; measurements of alpha-decay of neutron resonances of the Tl-123 nucleus were performed; study of proton radiative capture by averaging over resonances was carried out; etc. Besides, the results of the study of IgG structure by neutron small angle scattering, of ferroelectrics - by neutron diffraction methods and of other materials by inelastic thermal neutron scattering are given. The results of the physical start-up of the IBR-2 reactor in the pulse mode are reported and discussed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Физический пуск реактора ИБР-2 был начат в ноябре 1977 г. ^{1, 2/} и завершен в первом полугодии 1978 г., после чего началась подготовка к энергетическому пуску и освоению реактора*.

13 января 1978 года на реакторе ИБР-2 впервые был осуществлен импульсный режим с частотой повторения импульсов как 50, так и 5 Гц. На рис. 1 представлена сфотографированная на одной пленке целая серия следующих друг за другом импульсов реактора, так что толщина кривой характеризует разброс амплитуд импульсов. Видно, что флуктуация величин импульсов незначительна. Были тщательно исследованы и другие параметры реактора. Это имеет большое значение: в расчетные величины параметров в ряде случаев были внесены довольно

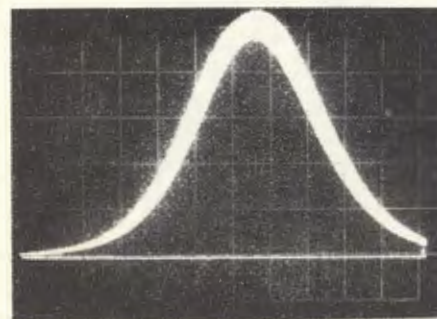


Рис. 1. Фотография серии импульсов мощности ИБР-2 на экране осциллографа.

существенные коррективы, а это, в свою очередь, потребовало хотя и незначительных, но все же необходимых усовершенствований систем реактора. Так, например, длительность импульса /рис. 2/ оказалась близкой к 200 мкс, т.е. вдвое продолжительнее расчетной. Эксперимент показал, что этого уширения

* В основу статьи положен текст отчетного доклада, представленного ЛНФ XLV сессии Ученого совета ОИЯИ 10 января 1979 г.

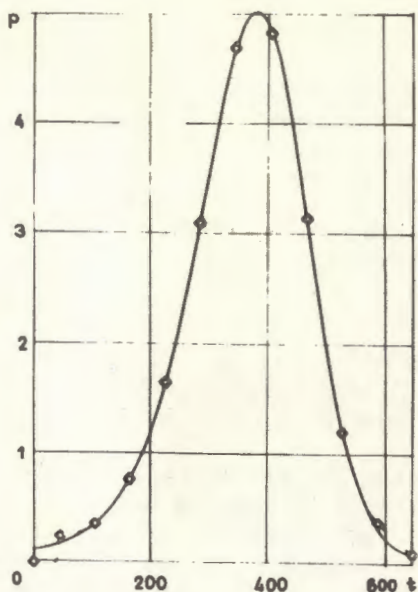


Рис. 2. Форма импульса мощности реактора ИБР-2. Время в микросекундах.

можно избежать, если изменить форму дополнительного подвижного отражателя. С января по март реактор ИБР-2 проработал свои первые 100 часов /его средняя мощность была при этом всего 500 Вт/. В этот период были измерены спектр и поток нейтронов ^{3/}. В пересчете на мощность 4 МВт импульсный поток с поверхности замедлителя составил $\sim 10^{16}$ тепловых нейтр./см²с, т.е. подтвердилось расчетное значение. Что касается спектра, то в пределах точности измерений он не отличался от ожидаемого, а также того, что наблюдается для ИБР-30.

Для подготавливаемого энергетического пуска ИБР-2 необходимо создать и ввести в эксплуатацию натриевую систему охлаждения реактора. Эта работа велась в 1978 году очень интенсивно. Завершен механический монтаж системы охлаждения, примерно на 75% выполнены работы по системе электроподогрева трубопроводов. Для характеристики объема выполненных работ скажу, что смонтировано около 1500 м трубопроводов, имеющих свыше 2200 сварных соединений. Каждое из этих сварных соединений потребовало выполнения ряда операций, включающих рентгеновский и гамма-контроль. Вся эта работа выполнена на хорошем уровне, и трубопроводы прошли вакуумные и пневматические испытания. Система натриевого охлаждения очень сложна. Она состоит из 15 подсистем: первого, второго и третьего контуров, системы электроподогрева, систем теплового контроля, систем обнаружения протечек натрия и тензометрии и т.д.

Сейчас полностью закончена и испытана система приготовления натрия /рис. 3 и 4/. За этим последует заполнение ее натрием, которым после очистки и соответствующих испытаний начнут заполнять первый и второй контуры реактора.

Мы считаем эту работу первым этапом энергетического пуска реактора.

Значительный прогресс в 1978 г. достигнут в работе по созданию инжектора ЛИУ-30. Это позволяет надеяться, что в первой половине следующей пятилетки инжектор ЛИУ-30 будет пущен. До этого времени физики будут использовать существующий инжектор ЛУЭ-40. Это потребует определенных усилий, в том числе и технических, по замене изношенной ускорительной трубки. Хотел бы отметить, что ЛУЭ-40 - хороший ускоритель, и вопрос о его дальнейшей судьбе в конце будущей пятилетки потребует обсуждения.

Успешно шло изготовление первой очереди аппаратуры для ИБР-2: спектрометра ДИН-2 ^{4/}, канала УХН с установкой "Тристор" ^{5,6/}, спектрометра малоуглового рассеяния ^{7/} и нейтронных дифрактометров ^{8,9/}. В 1979 году начнется их монтаж в зале реактора. Значительные успехи имеются в изготовлении корреляционного спектрометра, спектрометра поляризованных нейтронов. Создание всей этой аппаратуры осуществляется на базе

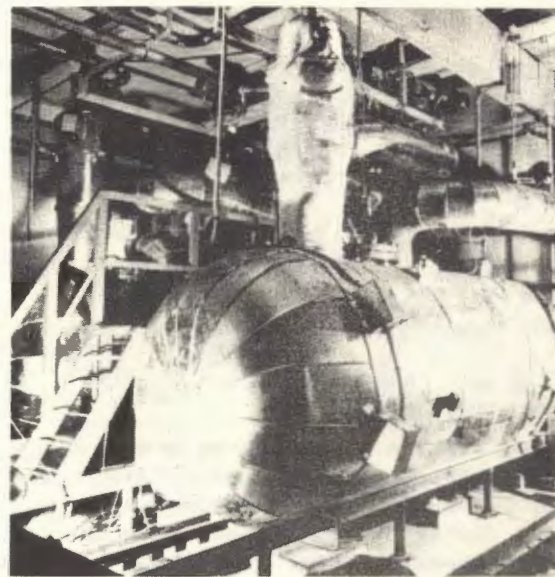


Рис. 3. Емкости для дистилляции жидкого натрия.

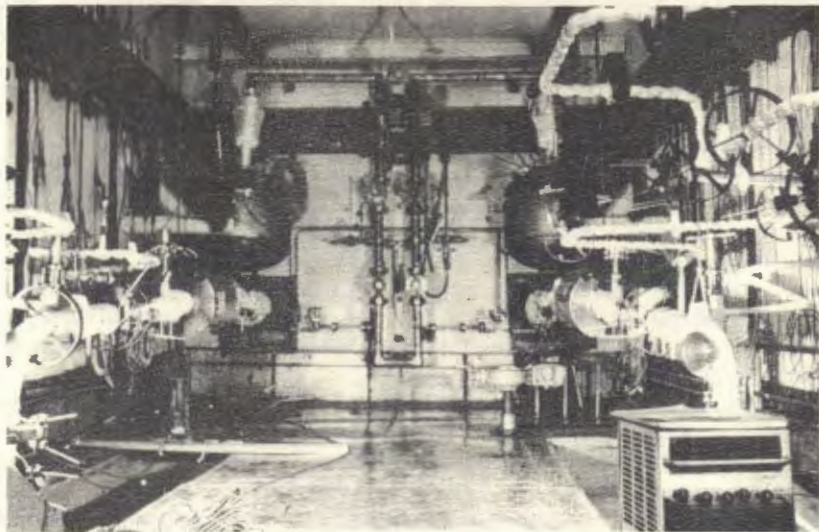


Рис. 4. Вид помещения второго контура системы натриевого охлаждения реактора ИБР-2.



Рис. 5. Аппаратура измерительного модуля спектрометра малоуглового рассеяния.

широкого международного сотрудничества. Страны-участницы ОИЯИ активно включились в эту работу.

Подлинная техническая революция происходит в существующем измерительном центре, где готовится аппаратура для измерительного центра ИБР-2.

В порядке подготовки развития Центра на базе двухмашинной системы PDP-11/70 и PDP-11/21 проведена перепланировка размещения систем ИВЦ для установки машины PDP-11/70. Совместно с ЛВТА проводились работы по созданию системы дальней связи машин БЭСМ-6 и PDP-11/21. Велась работа по введению в эксплуатацию новых систем: графопостроителя ЕС-7054 и графического дисплея со световым пером ГД-71.

Создана и испытана в эксперименте первая очередь измерительного модуля для спектрометра малоуглового рассеяния нейтронов на основе малой ЭВМ "Электроника" /рис. 5/. Модуль включен в систему устройств ИВЦ, имеющих связь с ЭВМ БЭСМ-4. Измерительная система для исследования параметров реактора ИБР-2 на основе PDP-11 21и блоков КАМАК введена в эксплуатацию и использовалась во время пусковых работ

на ИБР-2. На базе ТРА-1001 разработан модуль для экспериментов по ядерной физике и корреляционных измерений. Продолжались работы по созданию измерительных систем, использующих микропроцессоры /рис. 6/, и работы по совершенствованию и развитию блоков временного анализа в системах ИВЦ. Микропроцессоры незаменимы для управления экспериментами /установка "Тристом", гониометр дифрактометра и др. /10/.

Немало предстоит сделать для полноценного использования ИБР-2 в следующей пятилетке. В обзоре за 1977 г. /17/ уже отмечалось, что для освоения реактора ИБР-2 совершенно необходимо завершить строительство нового измерительного центра. Кроме того, следует построить еще не менее четырех измерительных павильонов вокруг здания реактора, оснастить все каналы реактора установками, расширить лабораторную площадь и площадь лабораторных экспресс-мастерских. Уже сейчас лаборатория принимает в год около 300 специалистов из стран-участниц. Нужно готовиться к тому, что после ввода в строй ИБР-2 эта цифра по крайней мере удвоится.

Прежде чем переходить к обзору научных работ, необходимо сказать об одном существенном событии в жизни Лаборатории нейтронной физики. С 19 по 30 апреля в Алуште проходила

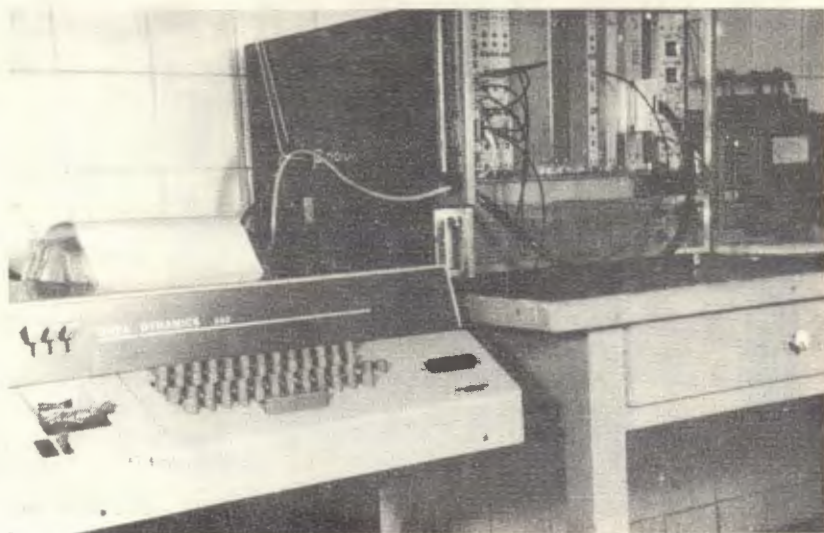


Рис. 6. Автономная система управления работой гониометра на основе микропроцессора.

III Международная школа по нейтронной физике. Так же как и предшествующие /школы 1969 и 1974 гг./, она была рассчитана на специалистов высокой квалификации, и лекции читали ведущие специалисты в различных областях нейтронной физики. Интерес к работе школы несомненно связан с широтой применения методов нейтронной физики в ряде перспективных областей науки и, в частности, таких, как физика конденсированных сред и молекулярная биология. В тематике школы отчетливо прослеживается преемственность со школой 1974 г., она в еще большей степени связана с проблемами и экспериментами, планируемыми для постановки на реакторе ИБР-2*.

Из результатов работы школы отчетливо видна перспективность пути, по которому идет развитие нейтронной физики в ЛНФ, использующей импульсный источник нейтронов периодического действия. Несомненным свидетельством актуальности школы является то, что ее труды^{/11/}, изданные не очень малым тиражом, были распроданы за очень короткий срок и уже сейчас являются библиографической редкостью.

* См., например, в ¹¹ стр. 7, лекцию Ю.М.Останевича, И.М.Франка и Е.П.Шабалина "Реактор ИБР-2 сегодня".

Тематика работ Лаборатории нейтронной физики в 1978 г. во многом является для нее традиционной. Так, в частности, продолжались исследования легчайших ядер*. В обзоре за 1977 г.^{/1/} сообщалось о результатах исследования рассеяния нейтронов в ³He. Гелий-4, образующийся при взаимодействии нейтронов с гелием-3, является одной из простейших ядерных систем, доступных для теоретического анализа. Однако данных о реакции ³He(n, γ) на медленных нейтронах до настоящего времени получить не удавалось, ввиду конкурирующего процесса поглощения, идущего с большим сечением. Это на самом деле очень трудная задача, т.к. требует измерения сечений порядка 10⁻⁵ барна, в то время как полное сечение в области резонансных нейтронов порядка 10 барн. В 1978 г. на ИБР-30 с использованием мишени жидкого гелия-3 удалось обнаружить радиационный захват нейтронов в интервале энергий 1-70 кэВ^{/12/}. Помимо значения этой работы для развития теории легчайших ядер исследованная реакция примечательна и тем, что при захвате нейтронов в ³He происходит очень большое выделение энергии. На рис. 7 показан энергетический

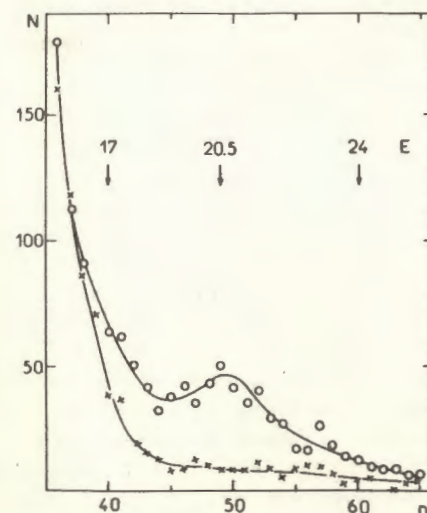


Рис. 7. Спектр γ-лучей, полученный с помощью детектора NaI(Tl) при изучении реакции ³He(n, γ).

спектр гамма-лучей из реакции ³He(n, γ), полученный с помощью детектора с кристаллом NaI(Tl). Энергия гамма-квантов E дана в МэВ. Величина 20,5 МэВ соответствует энергии связи нейтрона в ⁴He. Нижний спектр - фоновый - получен при замене

* Обзор данных по четырехнуклонным системам содержится в лекции Э.И.Шарапова на нейтронной школе^{/11/}, стр. 437.

^3He на графит, эквивалентный по рассеянию. Энергетическая зависимость полученного эффективного сечения дана на рис. 8, где также показана кривая, рассчитанная теоретически с использованием детального баланса из данных для сечения фото-рассщепления гелия-4. Наиболее вероятной интерпретацией результатов является механизм р-волнового прямого захвата нейтронов.

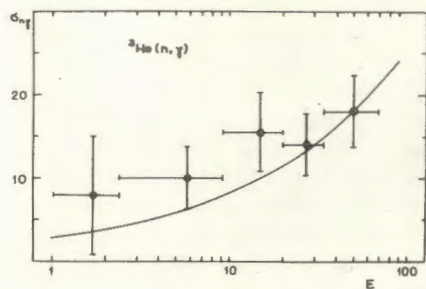


Рис. 8. Эффективное сечение реакции $^3\text{He}(n, \gamma)$ /в микробарнах/ в зависимости от энергии нейтронов /в кэВ/.

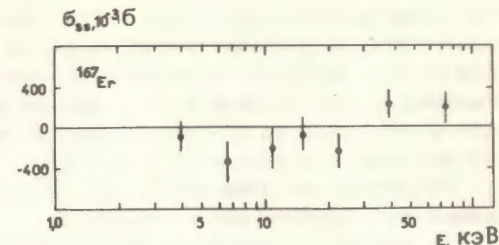
Продолжались и работы по развитию теории легчайших ядер. Модель граничных условий, введенная Фешбахом и Ломоном как метод описания неизвестного поведения нуклон-нуклонных потенциалов на коротких расстояниях, обобщена на случай энергетической зависимости логарифмической производной двух-нуклонной волновой функции, а также на случай тензорных взаимодействий. Получены интегральные уравнения для волновой функции трех тождественных частиц ^{13}C . Разработанный метод позволит продвинуться в решении ряда задач физики малонуклонных систем, таких как, например, расчет энергии связи и длин рассеяния.

Вопрос о спиновой зависимости силовой функции для нейтронов, основанной на результатах измерений с ядрами ^{159}Tb , ^{165}Ho , ^{169}Tm и ^{141}Pr , уже обсуждался в обзоре за 1977 г.

В эксперименте с поляризованными нейтронами и поляризованными ядрами в 1978 г. измерена спиновая зависимость полного сечения эрбия-167 ^{167}Er . Определены спины 40 резонансов с энергией до 230 эВ. В области энергий до 100 кэВ получено поляризационное сечение $\sigma_{\text{вв}}$, приведенное на рис. 9, и разности нейтронных силовых функций для двух спиновых состояний. Усредненное по всему исследованному интервалу энергий значение $\sigma_{\text{вв}}$ равно -70 ± 70 мб. Оценка относительной разности силовых функций $(S^+ - S^-) / \langle S \rangle \leq 0,04$ свидетельствует, как и для ранее измеренных ядер, о слабой спиновой зависимости.

В 1978 г. по сравнению с предшествующим годом была значительно повышена чувствительность метода поиска сверх-

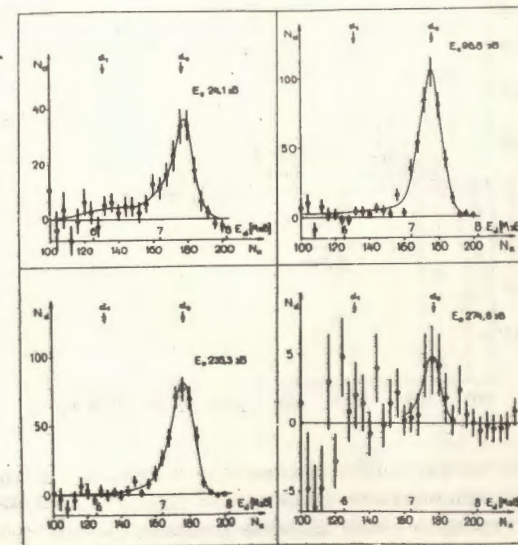
Рис. 9. Поляризационное сечение эрбия-167 в области энергий нейтронов до 100 кэВ.



плотных ядер в делении с использованием активной зоны реактора ИБР-30 как объекта исследований. Это достигнуто за счет подавления фона космических частиц /методом антисовпадений от двух пластических сцинтилляторов/ до уровня нескольких импульсов в час вместо одного импульса в секунду в обычном опыте. В результате оценка выхода быстрых нейтронов снижена в 60 раз по сравнению с ранее полученной $^{15}\%$. Выход нейтронов с энергией $40 \div 200$ МэВ не обнаружен на уровне $2 \cdot 10^{-8}$ на один акт деления $^{16}\%$.

Существенное совершенствование детекторной аппаратуры позволило осуществить измерения спектров α -частиц, испускаемых из резонансных состояний компаунд-ядер с малыми альфа-ширинами. В качестве спектрометра α -частиц применена цилиндрическая ионизационная камера с сеткой. Исследовалась реакция $^{123}\text{Te}(n, \alpha)^{120}\text{Sn}$ $^{17}\%$. Полученные энергетические спектры α -частиц для нескольких резонансов показаны на рис. 10.

Рис. 10. Спектры альфа-частиц для нескольких резонансов ^{123}Te .



Наличие прямого перехода в основное состояние, α_0 , позволило приписать ряду резонансов значения спина $J=0$ /для резонансов с $J=1$ переход в основное состояние ^{120}Sn запрещен/.

Распределение полученных α -ширин для α_0 -переходов описывается теоретическим распределением Портера-Томаса с $\nu=1$, со средним значением $\langle \Gamma_\alpha \rangle = /7,3 \pm 3,7/ \cdot 10^{-6}$ эВ.

Исследование резонанса 2,33 эВ, в котором α_0 -переход запрещен, дало новые сведения о двухступенчатой реакции $^{123}\text{Te}(n, \gamma\alpha)$. Резонанс 2,33 эВ показан на рис. 11 и соответствующий спектр - на рис. 12. Его наиболее вероятной

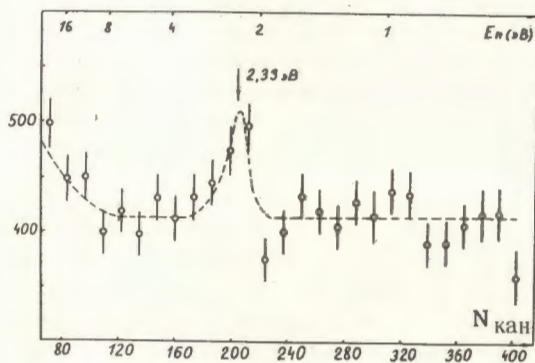


Рис. 11. Резонанс 2,33 эВ в сечении реакции $^{123}\text{Te}(n, \alpha)$.

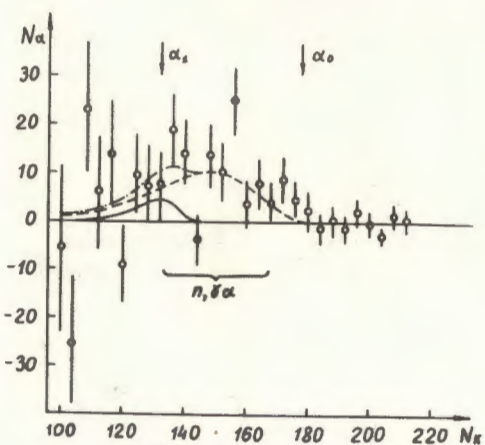


Рис. 12. Спектр альфа-частиц из резонанса 2,33 эВ в ^{123}Te . Пунктиром показана расчетная форма спектра $(n, \gamma\alpha)$ -реакции, сплошной линией - переход α_1 .

интерпретацией является наличие вклада $(n, \gamma\alpha)$ -реакции с парциальной шириной $\Gamma_{\gamma\alpha} = /2,0 \pm 0,8/ \cdot 10^{-9}$ эВ¹⁸. Соответствующая этой ширине радиационная силовая функция первичных

мягких γ -переходов, получаемая с использованием ряда соотношений статистической теории ядра, оказалась равной $S_\gamma = /12 \pm 5/ \cdot 10^{-9}$ и в пределах ошибок согласуется с известными данными для зависимости S_γ от массового числа ядра.

В области классической нейтронной спектроскопии было исследовано с разрешением 7 нс/м пропускание образцов естественного рутения¹⁹. Определены параметры нейтронных резонансов ^{99}Ru и ^{101}Ru в области энергий до 1 кэВ. Изотопная идентификация нейтронных резонансов сделана с помощью измерений выхода гамма-лучей радиационного захвата нейтронов в изотопных мишенях рутения с массовыми числами 99, 100, 101, 102, 104. Средние расстояния между резонансами и силовые функции получены равными: $D = 25 \pm 2$ и 18 ± 2 эВ, $S^\circ = /0,72 \pm 0,16/ \cdot 10^{-4}$ и $/0,61 \pm 0,13/ \cdot 10^{-4}$ для изотопов ^{99}Ru и ^{101}Ru соответственно. Значение S° для ^{99}Ru в 3 раза превышает ранее известное для этого изотопа.

Выполнен анализ экспериментальных данных об интенсивностях вторичных гамма-переходов при радиационном захвате резонансных нейтронов²⁰. На рис. 13 показаны экспериментальные /открытые точки/ и расчетные /треугольники/ значения величины $\Delta = \sigma / \langle R \rangle \sqrt{D}$ в функции от атомного веса составных ядер. R - отношение интенсивностей двух избранных вторичных гамма-линий, σ - среднеквадратичное отклонение этой

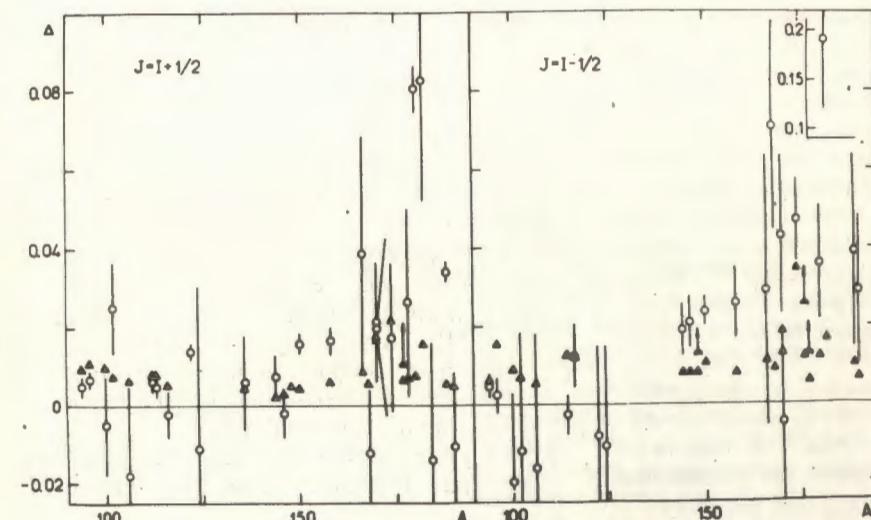


Рис. 13. Экспериментальные \circ и расчетные Δ значения относительных флуктуаций вторичных гамма-переходов в ядрах.

величины. Усреднение проводится по резонансам с заданным спином, расположенным на среднем расстоянии D друг от друга. При расчетах Δ использовалась каскадная модель гамма-распада и известные схемы каскадов.

Обнаружено, что флуктуации вторичных гамма-переходов в ядрах вблизи $4S$ -максимума нейтронной силовой функции ($A \sim 160$) систематически выше значений, предсказываемых статистической теорией.

Завершены исследования гамма-лучей радиационного захвата протонов методом спектроскопии усредненных резонансов. При усреднении по резонансам составного ядра исчезает зависимость интенсивностей гамма-переходов на низколежащие состояния от квантовых характеристик начальных состояний, но сохраняется зависимость от параметров конечных уровней и энергии перехода. В результате может быть получена информация о спинах и четностях низколежащих уровней, о радиационной силовой функции вблизи энергии возбуждения начальных уровней, а также ее зависимости от энергии гамма-переходов. Измерения велись на мишенях, содержащих разделенные изотопы. Германиевый детектор объемом 37 см^3 располагался под углом 90° к пучку протонов. Энергия протонов ускорителя ЭГ-5 изменялась в интервале 2-3,9 МэВ, в зависимости от используемой мишени. Определены спины и четности ряда уровней ^{87}Y , ^{71}As , ^{73}As , ^{75}As с энергией возбуждения до 2,6 МэВ. Для изотопов As^{21} получены данные радиационной силовой функции, показанные на рис. 14, в области энергий гамма-квантов 6-9 МэВ. Для ^{75}As они согласуются в пределах ошибок с результатами экстраполяции известных данных для области $10 \div 30 \text{ МэВ}$, полученных в измерениях сечений поглощения гамма-квантов. Данные для всех изотопов находятся в хорошем согласии с теоретическими результатами /сплошные кривые/ для гигантского дипольного резонанса.

На основе теории конечных ферми-систем проведены расчеты оболочечных поправок δE к полуэмпирическим формулам для масс ядер 22 . Изучена зависимость δE от Z, N с учетом парных корреляций нуклонов. Сравнительное изучение δE для двух областей ядер: около ^{208}Pb и для $110 < Z < 120$, $174 < N < 188$ - показало, что в последней области нет оснований ожидать наличия дважды магического ядра, подобного ^{208}Pb . Полученная в расчетах величина поправки $\delta E = -10 \div -8 \text{ МэВ}$ может служить указанием на повышенную стабильность по отношению к α -распаду в равной мере для всех ядер из этой области.

С помощью электростатического генератора ЭГ-5 была предпринята попытка обнаружения во взаимодействии нуклонов сла-

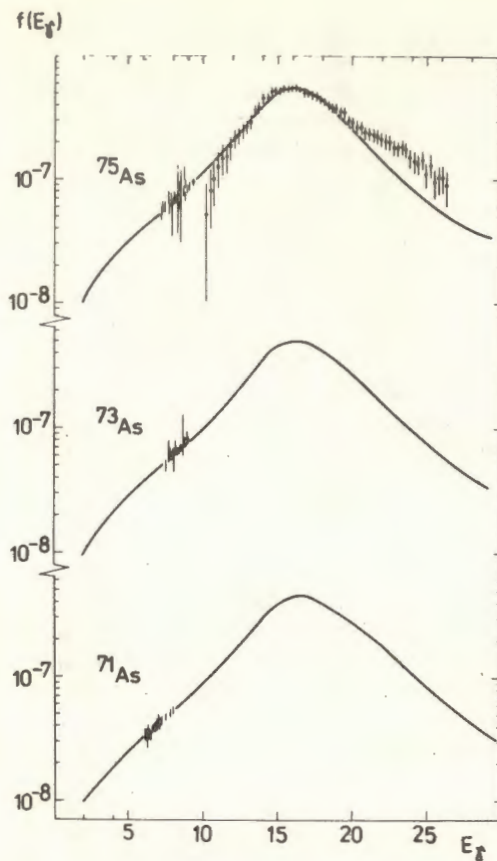


Рис. 14. Радиационная силовая функция $f(E_\gamma)$ изотопов мышьяка в зависимости от энергии E_γ /в МэВ/.

бого нейтрального тока, проявляющегося в смешивании близких уровней ^{18}F , имеющих противоположную четность. Схема уровней фтора-18 показана на рис. 15. Предсказываемый теорией эффект смешивания уровней 1080 и 1041 кэВ усиливается до экспериментально измеримого уровня, особенно в случае, если правильна модель слабого взаимодействия Вайнберга-Салама: расчетная величина возникающей из-за смешивания циркулярной поляризации /для линии $E_\gamma = 1080 \text{ кэВ}$ / составляет $6 \cdot 10^{-3}$. Возбужденные ядра ^{18}F получались в реакции $^{16}\text{O}(^3\text{He}, p)$ при энергии ионов ^3He около 4 МэВ и среднем токе 10-20 мкА. Поляризация гамма-лучей измерялась методом пропускания через намагниченное железо. Получен предварительный результат для величины циркулярной поляризации $P_\gamma = /3,4 \pm 3,1/ \cdot 10^{-2}$ 23 , точность которого пока недостаточна для обоснования модели Вайнберга-Салама.

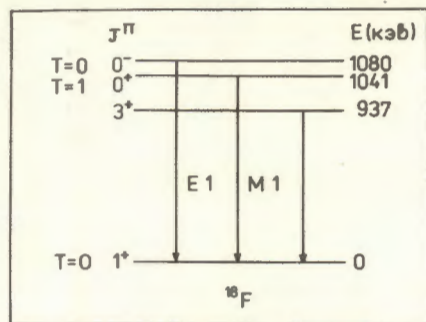


Рис. 15. Схема уровней ядра ^{18}F , выбранного для поиска слабого нейтрального тока во взаимодействии нуклонов.

Целью работ по ультрахолодным нейтронам были попытки понять механизм процесса, вызывающего их более быстрое, чем предсказывает теория, исчезновение*.

В совместной с ИЛЛ /Гренобль, Франция/ работе исследовалось влияние температуры и изотопного замещения на время хранения ультрахолодных нейтронов. Работа предпринята для проверки гипотезы о водородном загрязнении стенок сосудов УХН как главной причины малых времен хранения последних. Эксперимент выполнен в Гренобле с помощью проточной камеры, изготовленной в Дубне. Измеренное время хранения УХН составляло 7 ± 10 с в зависимости от условий эксперимента. Изменение температуры стенок от -120 до $+500^\circ\text{C}$ приводило к изменению времени хранения всего на $10 \pm 12\%$. На рис. 16

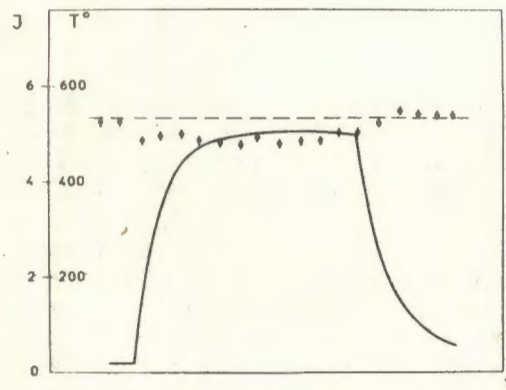


Рис. 16. Экспериментальные результаты исследования влияния нагрева камеры и изотопного замещения на скорость счета детектора УХН.

*Этот вопрос, а также ряд других проблем, связанных с ультрахолодными нейтронами, рассмотрен в лекции В.И. Луцикова в [11], стр. 183.

показана зависимость скорости счета детектора /величины, пропорциональной времени хранения/ от времени, в течение которого накладывался "импульс" температуры и осуществлялась протечка дейтерия через камеру. Изотопное замещение также не привело к заметным изменениям времени хранения УХН.

Результаты эксперимента свидетельствуют против гипотезы водородного загрязнения как основной причины аномалии во временах хранения УХН. Продолжались исследования в области молекулярной биологии и конденсированных сред.

С помощью метода малоуглового рассеяния нейтронов с использованием вариации контраста в растворах $\text{H}_2\text{O}-\text{D}_2\text{O}$ проводилось изучение иммуноглобулинов. Измерения выполнялись в аксиально-симметричной геометрии [24], методика которой получила дальнейшее развитие. Пример получаемых кривых малоуглового рассеяния нейтронов комплексами антитело-антиген приведен на рис. 17. Кривые а/ и б/ отвечают двум сортам комплексов: с ранними и поздними антителами. Для расстояния между центрами связывания в комплексах с ранними антителами

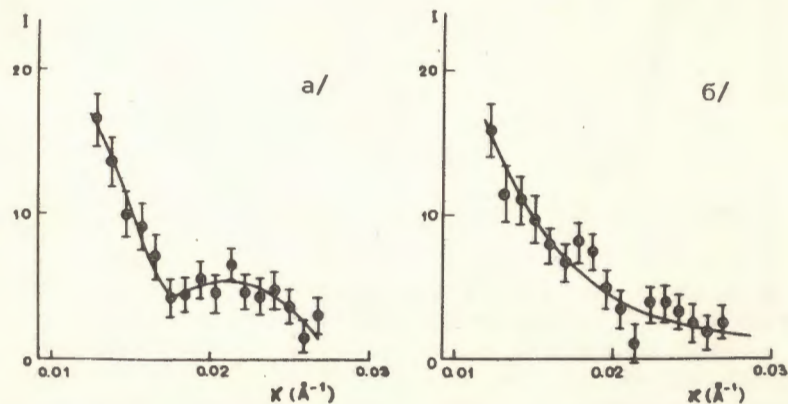


Рис. 17. Интенсивность малоуглового рассеяния нейтронов комплексами антитело-антиген в зависимости от обратной величины переданного импульса.

получено значение $R = /27,6 \pm 1,5/ \cdot 10^{-9}$ м, для комплексов с поздними антителами обнаружено уменьшение этого расстояния: $R = /19,2 \pm 3,7/ \cdot 10^{-9}$ м. Это исследование является совместной работой ОИЯИ, Института молекулярной биологии АН СССР и Института молекулярной генетики АН ЧССР [25].

Проведена поисковая работа по обнаружению структуры живой мышцы лягушки. Результат получен при 12-часовой экспозиции и показан на рис. 18, на котором хорошо видно наличие дифракционных максимумов. Пока, в экспериментах на реакторе ИБР-30, результат такого рода имеет главным образом иллюстративное значение. Однако на ИБР-2 необходимая для его получения экспозиция будет составлять примерно 10 мин, и это позволяет надеяться, что станет возможным получение данных о механизме мышечного сокращения.

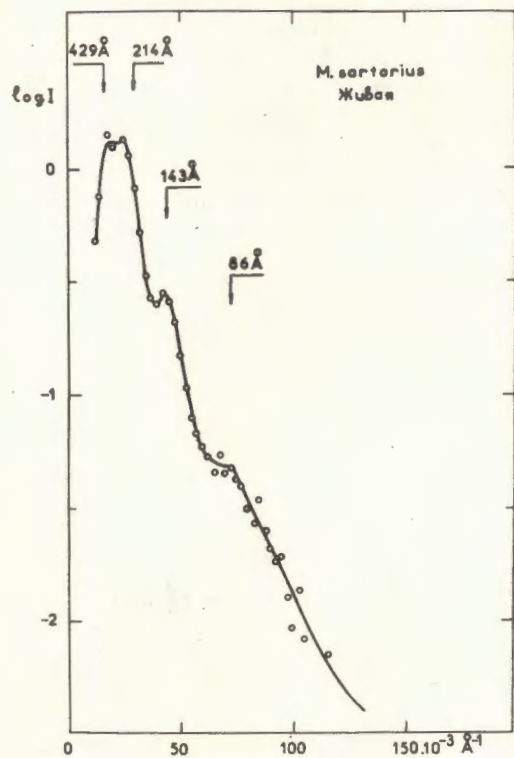
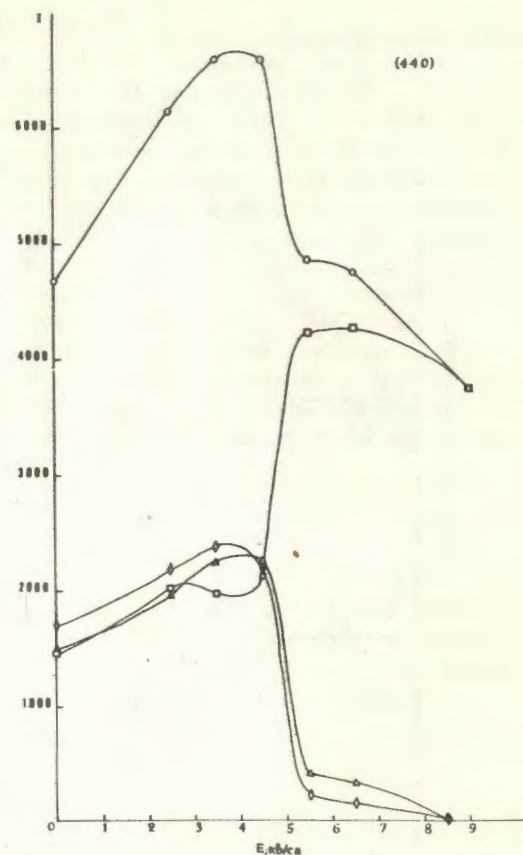


Рис. 18. Нейтронограмма мышцы лягушки, полученная на установке малоуглового рассеяния нейтронов.

Продолжалось исследование сегнетоэлектрика дидейтерофосфата калия с помощью дифракции нейтронов по методу времени пролета. Переход его в сегнетофазу с понижением температуры сопровождается характерным расщеплением пика в результате возникновения доменной структуры различной конфигурации /см., например, рис. 19 в $^{\circ} /$. Для изучения влияния электро-

Рис. 19. Зависимость интенсивностей компонент дифракционного пика сегнетоэлектрика от напряженности электрического поля /в кВ/см/.



статического поля на эту структуру в криостате с образцом создавалось электрическое поле напряженностью E до 10 кВ/см. Обнаруженная зависимость интенсивности основной и боковых компонент пика от поля E показана на рис. 19. Результаты демонстрируют возможность изучения перестройки доменной структуры под влиянием электрического поля. Исследования проводятся совместно с Московским химико-технологическим институтом и Институтом кристаллографии АН СССР ^[26].

На образце бензола при температуре 80 К выполнены измерения неупругого некогерентного рассеяния нейтронов с максимально доступным энергетическим разрешением. Участок времепролетного спектра, полученный для угла 90° для нейтронов с конечной энергией $E_f = 4,9$ мэВ, показан на рис. 20а. Полученные данные сравнены с расчетом с целью проверки метода получения фоннных спектров из спектров неупругого рас-

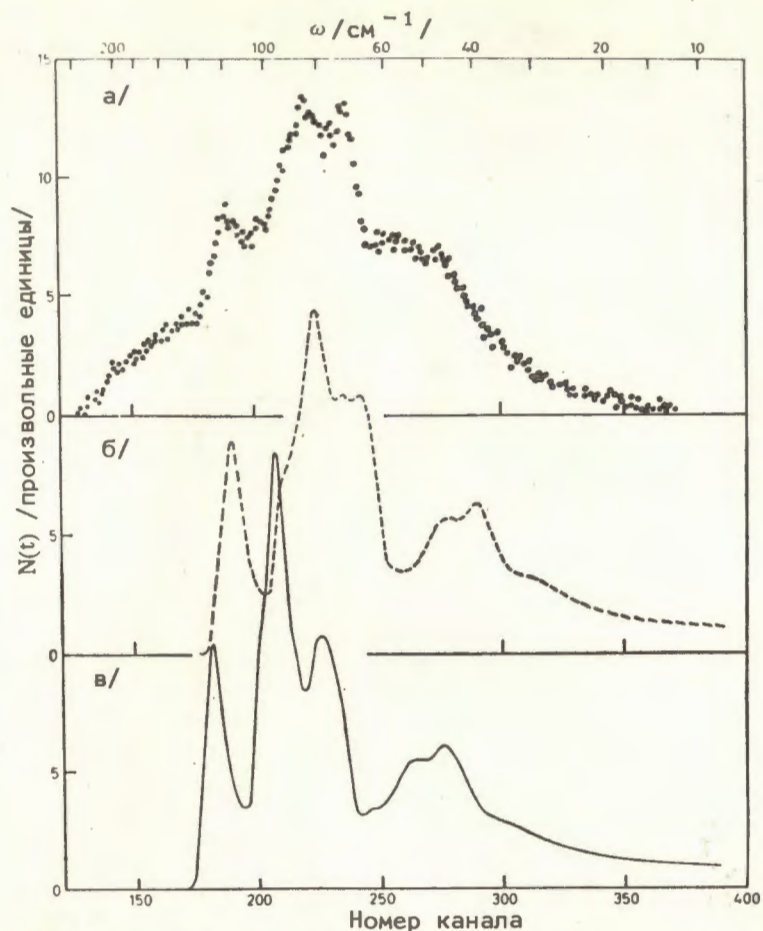


Рис. 20. Экспериментальные и расчетные спектры некогерентного неупругого рассеяния нейтронов поликристаллическим бензолем.

сеяния нейтронов. Расчеты дифференциального однофононного сечения рассеяния выполнены в гармоническом приближении с различными наборами параметров межатомных потенциалов. Результаты расчетов для двух наборов параметров даны на рис. 20б и 20в. Показано, что основная структура наблюдаемых спектров неупругого рассеяния нейтронов правильно передает структуру плотности фононных состояний. Эти исследования проводятся совместно с Институтом твердого тела АН СССР и Химико-физическим институтом Италии ^{/27/}.

В обзоре за 1976 г. ^{/28/} уже отмечались хорошие возможности для изучения электронных уровней редкоземельных ионов с помощью парамагнитного рассеяния нейтронов, и сообщались результаты, полученные для интерметалла PrAl_2 . В 1978 г. завершено исследование другого соединения празеодима PrNi_5 ^{/29/} интерметалла, перспективного для получения низких температур методом ядерного размагничивания. Известно, что основное состояние иона Pr^{3+} в гексагональном кристаллическом поле этого соединения должно быть синглетом, но положение ближайших уровней было неопределенным. Набор параметров кристаллического поля и схему уровней /рис. 21/ удалось найти путем измерения неупругого рассеяния тепловых нейтронов под разными углами при нескольких значениях температуры, как показано на рис. 22. Полученные параметры описывают температурную зависимость удельной теплоемкости и магнитной восприимчивости.

$\Gamma_{5g} = \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv$ 33,81

$\Gamma_3 = \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—}$ 13,67

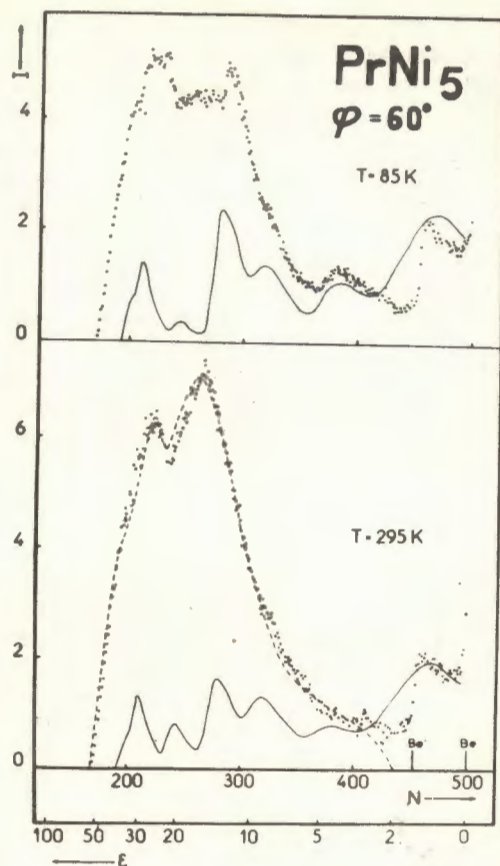
$\Gamma_{3a} = \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv$ 4,66
 $\Gamma_{3b} = \equiv \equiv \equiv \equiv \equiv$ 3,36
 $\Gamma_4 = \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—}$ 1,52
 $\Gamma_2 = \text{—} \text{—} \text{—} \text{—} \text{—}$ 0

Pr Ni_5

$x=0,70 \quad y=0,41 \quad W=1,04 \text{ мэВ}$

Рис. 21. Схема уровней парамагнитного иона Pr^{3+} в соединении PrNi_5 , полученная методом неупругого рассеяния нейтронов.

Рис. 22. Спектры неупругого рассеяния нейтронов на PrNi_5 . Сплошные кривые - выделенный вклад парамагнитного рассеяния.



Автор благодарен Э.И.Шарапову за ряд замечаний и помощь в подготовке рукописи к печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Франк И.М. Краткий обзор научной деятельности Лаборатории нейтронной физики в 1977 г. ОИЯИ, РЗ-11824, Дубна, 1978.
2. Frank I.M., Shabalin E.P. The IBR-2 Research Reactor Today. Neutron Physics and Nucl.Data for Reactors. Int. Conf. Proc., Harwell, 1978, p.1131.
3. Ананьев В.Д., Архипов В.А., Бабаев А.И., Блохинцев Д.И. и др. Физический пуск импульсного исследовательского реактора ИБР-2. АЭ, 1979, 46, с.393.

4. Парфенов В.А., Клемышев П.С., Морозов И.Г., Павлов А.Ф. Двойной спектрометр медленных нейтронов ДИН-2К. Neutron Inelastic Scattering. Proc. of a Symp. Vienna, IAEA, 1978, p.87.
5. Улитенко Ю.В., Таран Ю.В. Термомагнитные затворы для ультрахолодных нейтронов. ОИЯИ, Р13-11320, Дубна, 1978.
6. Никитенко Ю.В., Роганов А.Б., Таран Ю.В. Стабилизация магнитного поля в диапазоне 1-10 мкТ с помощью квантового цезиевого магнитометра. ОИЯИ, Р13-12037, Дубна, 1978.
7. Гладких И.А., Кунченко А.Б., Останевич Ю.М., Чер Л. Исследование малоуглового рассеяния нейтронов в аксиально-симметричной геометрии. ОИЯИ, Р13-11487, Дубна, 1978.
8. Андросов А.В., Анцупов П.С., Вареник Г.А., Крючков В.Н., Лапшинов В.Н., Нитц В.В., Попов В.П., Соловьев Б.Н., Яковлев А.А. Установка для исследований конденсированных сред в импульсном магнитном поле. ОИЯИ, Р13-11559, Дубна, 1978.
9. Ананьев Б.Н., Балагуров А.М., Барабаш И.П., Георгиу З., Шибяев В.Д. Нейтронный дифрактометр по времени пролета для исследования монокристаллов. ОИЯИ, Р3-11113, Дубна, 1978.
10. Елизаров О.И., Жуков Г.П., Таран Ю.В. Микропроцессорная система для поляризационной установки на ультрахолодных нейтронах ОИЯИ, Р2-11772, Дубна, 1978.
11. III Международная школа по нейтронной физике. Сборник лекций. ОИЯИ, ДЗ-11787, Дубна, 1978.
12. Алфименков В.П., Борзаков С.Б., Вежбицки Я., Овчинников О.Н., Пикельнер Л.Б., Шарапов Э.И. Радиационный захват нейтронов гелием-3 в интервале энергий 1-70 кэВ. Письма в ЖЭТФ, 1979, 29, с.100.
13. Ефимов В.Н. Интегральное уравнение для волновой функции трех тождественных частиц в модели граничных условий. ОИЯИ, Р4-11770, Дубна, 1978.
14. Алфименков В.П., Борзаков С.Б., Вежбицки Я., Иваненко А.И., Мареев Ю.Д., Морева Н.И., Овчинников О.Н., Пикельнер Л.Б., Шарапов Э.И. Спиновая зависимость полного сечения ^{187}Er в области энергии нейтронов до 100 кэВ. ОИЯИ, РЗ-12040, Дубна, 1978.
15. Николенко В.Г., Попов А.Б., Самосват Г.С., Хван Чер Гу. Поиски сверхплотных ядер в активной зоне реактора. Письма в ЖЭТФ, 1978, 27, с.65.
16. Попов А.Б., Самосват Г.С. Поиск нейтронов с энергией более 40 МэВ в делении. ОИЯИ, РЗ-12047, Дубна, 1978.
17. Во Ким Тхань, Втюрин В.А., Корейво А., Попов Ю.П., Стэмпиньски М. Исследование реакции $^{123}\text{Te}(n,\alpha)^{120}$ на резонансных нейтронах. ОИЯИ, РЗ-11644, Дубна, 1978.

18. Во Ким Тхань, Втюрин В.А., Корейво А., Попов Ю.П., Стэмпиньски М. Исследование реакции $^{123}\text{Te}(n, \gamma)$ на резонансных нейтронах. ОИЯИ, РЗ-11381, Дубна, 1978.
19. Попов А.Б., Тщецяк К., Хван Чер Гу. Параметры нейтронных резонансов рутения. ОИЯИ, РЗ-11752, Дубна, 1978.
20. Хитров В.А., Попов Ю.П., Суховой А.М., Язвицкий Ю.С. Анализ флуктуация заселенностей низколежащих состояний ядер при радиационном захвате нейтронов. Proc. of the 3rd. Int.Conf.on Neutron Capture -Ray Spectroscopy.
21. Вильгельми З., Пиотровски Е., Шефлинска Г., Шефлински З. Исследование радиационной силовой функции в изотопах $^{71,73,75}\text{As}$. ОИЯИ, Р15-11639, Дубна, 1978.
22. Бунатян Г.Г. Оболочечные поправки к полуэмпирическим формулам для масс ядер. ЯФ, 1978, 28, с.72; ЯФ, 1979, 29, с.38.
23. Паржицкий С.С., Сизов И.В., Чултэм Д. Поиск слабого нейтронного тока в NN-взаимодействии по смешиванию четности уровней в ядре ^{19}F . ОИЯИ, Р15-11685, Дубна, 1978.
24. Гладких И.А., Кунченко А.Б., Останевич Ю.М. Исследование малоуглового рассеяния нейтронов в аксиально-симметричной геометрии. ОИЯИ, РЗ-11487, Дубна, 1978.
25. Гладких И.А., Незлин Р.С., Новотны И., Останевич Ю.М., Франек Ф., Чер Л. Расстояние между двумя центрами связывания в молекуле антитела. FEBS Letters, 1978, 93, p.312-316.
26. Балагуров А.М., Датт И.Д., Савенко Б.Н., Шувалов Л.А. Влияние электростатического поля на доменную структуру. Доклад на I Всесоюзном семинаре по сегнетоэлектрикам. Калинин, 1978. Изв. АН СССР, сер.физ., 1979, т.43, с.1740.
27. Bokhenkov E.L., Fedotov V.G., Sheka E.F., Natkaniec I., Sudnik-Hrynkiwicz M., Califano S., Righim R., Inelastic Incoherent Neutron Scattering from Crystalline Benzene. II Nuovo Cim., 1978, 44B, p.324.
28. Франк И.М. Краткий обзор научной деятельности Лаборатории нейтронной физики в 1976 г. ОИЯИ, РЗ-10924, Дубна, 1977.
29. Андреефф А., Вальтер К., Гриссман Х., Каун Л.П., Липпольд Б., Матц В., Фрауэнхайм Т. Определение кристаллических уровней иона Pr^{3+} в PrNi_5 методом неупругого рассеяния нейтронов. ОИЯИ, Р14-11324, Дубна, 1978.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Франк И.М. О когерентном излучении быстрого электрона в среде. Вестник АН СССР, 1978, №7, с.115.
2. Франк И.М. О классической и квантовой интерпретации эффекта Допплера в преломляющей среде. Rev. Roum.Phys., 1978, t.23, No.718, p.715.
3. Франк И.М., Франк А.И. О применимости принципа Ферма к оптике ультрахолодных нейтронов. Письма в ЖЭТФ, 1978, т.28, с.559.
4. Ференци Ф. Высоковольтный блок питания. ОИЯИ, 13-11176, Дубна, 1978.
5. Бунатян Г.Г. Оболочечные поправки к полуэмпирическим формулам для масс и средних квадратичных радиусов ядер. ОИЯИ, Р4-11151, Дубна, 1978.
6. Руденко В.Т., Соловьев Б.Н., Тишин В.Г. Логика контроля и защиты импульсного быстрого реактора /ИБР-30/ во время его пуска. ОИЯИ, 13-11147, Дубна, 1978.
7. Игнатович В.К. Рассеяние нейтронов на несимметричном одномерном периодическом потенциале. ОИЯИ, Р4-11135, Дубна, 1978.
8. Боганч Я., Надь А.З., Сабо А., Шереш З. Некоторые вопросы обработки α -спектров на ЭВМ. ОИЯИ, Р11-11212, Дубна, 1978.
9. Губарев Е.Ю., Елизаров О.И., Жуков Г.П., Намсрай Ю., Саламатин И.М. Адаптация дисковой операционной системы на ЭВМ М-400 при доступе к диску через линию связи. 1. Организация связи ЭВМ М-400 и PDP-11/20. ОИЯИ, 10-11235, Дубна, 1978.
10. Намсрай Ю., Саламатин И.М., Хрыкин А.С. Адаптация дисковой операционной системы на ЭВМ М-400 при доступе к диску через линию связи. 2. Начальный загрузчик монитора. ОИЯИ, Р10-11239, Дубна, 1978.
11. Намсрай Ю., Островной А.И. Адаптация дисковой операционной системы на ЭВМ М-400 при доступе к диску через линию связи. 3. Описание драйвера линии связи. ОИЯИ, Р10-11241, Дубна, 1978.
12. Попов Ю.П., Суховой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. Флуктуации интенсивностей каскадов гамма-переходов при резонансном захвате нейтронов в $^{111,113}\text{Cd}$ и ^{149}Sm . ОИЯИ, РЗ-11243, Дубна, 1978.
13. Васильев Б.В., Колычева Е.В., Кривой Г.С. Высокчувствительные сквиды. ОИЯИ, Р13-11253, Дубна, 1978.
14. Васильев Б.В., Колычева Е.В. Об экспериментальной проверке принципа эквивалентности. ОИЯИ, Р13-11252, Дубна, 1978.

15. Думитреску Т., Кадменский С.Г., Ломаченков И.А., Холан С., Фурман В.И. Влияние перенормировки остаточного взаимодействия на абсолютные ширины α -распада сферических ядер. ОИЯИ, Р4-11294, Дубна, 1978.
16. Гергеи Э., Мезеи И., Саламатин И.М. Адаптация дисковой операционной системы на ЭВМ М-400 при доступе к диску через линию связи. 4- Программа-интерпретатор. ОИЯИ, Р10-11242, Дубна, 1978.
17. Бунатян Г.Г. Зависимость оболочечных поправок к массам ядер от Z, N . ОИЯИ, Р4-11304, Дубна, 1978.
18. Фрауэнхайм Т., Репке Г. Магнитные свойства двухзонной $s-f$ модели Хаббарда. ОИЯИ, Е17-11340, Дубна, 1978.
19. Фрауэнхайм Т. Расщепление электронных мультиплетов для конфигурации $(5f)^2$ под действием кубического кристаллического поля и вероятности переходов между наименьшими энергетическими уровнями. ОИЯИ, Р17-11341, Дубна, 1978.
20. Островной А.И., Саламатин И.М. База данных в обобщенной системе реального времени - санто. ОИЯИ, Р10-11349, Дубна, 1978.
21. Кангрополь Ю.В., Капусцик А., Мадея М., Осетинский Г.М. Определение моноэнергетичности пучка протонов, ускоренных на электростатических ускорителях. ОИЯИ, Р15-11362, Дубна, 1978.
22. Киссиг К. Полупроводниковое запоминающее устройство в стандарте КАМАК. ОИЯИ, 11-11379, Дубна, 1978.
23. Во Ким Тхань, Втюрин В.А., Корейво А., Попов Ю.П., Стэмпиньски М. Исследование реакции $^{123}\text{Te}(n, \gamma)^{120}\text{Sn}$ на резонансных нейтронах. ОИЯИ, Р3-11381, Дубна, 1978.
24. Вертебный В.П., Втюрин В.А., Долгов В.А., Кирилюк А.Л., Попов Ю.П., Федорова А.Ф. Исследование реакции $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$ на нейтронах с энергией 2 кэВ. ОИЯИ, Р3-11392, Дубна, 1978.
25. Матора И.М. Точное релятивистское уравнение траекторий электронов в мощных осесимметричных ламинарных пучках. ОИЯИ, Р9-11407, Дубна, 1978.
26. Андреефф А., Вальтер К., Каун Л.П., Липпольд Б., Матц В., Морева Н.И. Определение кристаллических уровней иона Pr^{3+} в PrAl_3 методом неупругого рассеяния нейтронов. ОИЯИ, Р14-11451, Дубна, 1978.
27. Харьюзов Р.В., Швец В.А. Электронная нагрузка в линейном индукционном ускорителе. ОИЯИ, 9-11395, Дубна, 1978.
28. Ломидзе В.Л., Мелихов В.В. Термомеханический анализ твэла импульсного реактора ИБР-2. ОИЯИ, 3-11550, Дубна, 1978.
29. Ломидзе В.Л., Мелихов В.В., Рогов А.Д., Шабалин Е.П. Экспериментальное исследование эффектов теплового удара

- в твэле импульсного реактора периодического действия ИБР-2. ОИЯИ, 3-11551, Дубна, 1978.
30. Гебултович Т., Нитц В.В., Яковлев А.А., Яроцки Э. Изучение с помощью нейтронов процессов образования зародышей новой фазы при фазовом переходе в гематите. ОИЯИ, Р14-11558, Дубна, 1978.
31. Косвинцев Ю.Ю., Кушнир Ю.А., Морозов В.И., Стойка А.Д., Стрелков А.В. Хранение ультрахолодных нейтронов низких энергий в сосудах с напыляемыми металлическими стенками ОИЯИ, Р3-11594, Дубна, 1978.
32. Стойка А.Д., Стрелков А.В. Измерение энергетического спектра разогретых ультрахолодных нейтронов. ОИЯИ, Р3-11593, Дубна, 1978.
33. Землянов М.Г., Майер Я., Паршин П.П., Румянцев А.Ю., Судник-Хрынкевич М., Ткач К.Г. Исследование колебательного спектра решетки дигидрида и дидейтерида титана методом неупругого рассеяния нейтронов. ОИЯИ, Р14-11625, Дубна, 1978.
34. Вильгельми З., Пиотровски Е., Шефлинска Г., Шефлински З. Исследование структуры ядра ^{87}Y методом спектроскопии усредненных резонансов. ОИЯИ, Р15-11640, Дубна, 1978.
35. Франк И.М. Импульс фотона в среде с отрицательной групповой скоростью. ОИЯИ, Р4-11778, Дубна, 1978.
36. Франк И.М. Переходное излучение для магнитного заряда. ОИЯИ, Р4-11777, Дубна, 1978.
37. Васильев Б.В., Лачинов В.М. Квантовый сверхпроводящий интерферометр. ОИЯИ, Р13-11691, Дубна, 1978.
38. Николенко В.Г., Попов А.Б., Самосват Г.С. Поиск относительной анизотропии скорости света и скорости нейтронов. ОИЯИ, Р3-11652, Дубна, 1978.
39. Кобзев А.П., Пафомов В.Е., Франк И.М. Угловые распределения излучения Вавилова-Черенкова, возбуждаемого в слк де электронами с энергией 170-250 кэВ. ОИЯИ, Р14-11688, Дубна, 1978.
40. Сермягин А.В. Новое классическое релятивистское уравнение движения заряда в электромагнитном поле. ОИЯИ, Р2-11772, Дубна, 1978.
41. Зайдель К., Майстер А., Пабст Д. Изомерный сдвиг нейтронных резонансов. III. Определение разности плотностей электронов на месте ядра металлического урана и разных его соединений. ОИЯИ, Р3-11742, Дубна, 1978.
42. Иваненко А.И. Контроль поляризации протонной мишени в спектрометре поляризованных нейтронов и ядер. ОИЯИ, 13-11667, Дубна, 1978.
43. Бунатян Г.Г. Зависимость π -конденсатной неустойчиво-

- сти ядерной среды от температуры. ОИЯИ, Р4-11755, Дубна, 1978.
44. Покотилковский Ю.Н., Стойка А.Д., Шелкова И.Г. Возможный метод регистрации малых изменений энергии ультрахолодных нейтронов. ОИЯИ, Р3-11815, Дубна, 1978.
 45. Швец В.А. Зависимость времени перемагничивания пермаллоя 50 НП от длительности фронта прямоугольника намагничивающего импульса и величины объема сердечника. ОИЯИ, Р3-11799, Дубна, 1978.
 46. Зайдель К., Майстер А., Пабст Д., Пикельнер Л.Б. Изомерный сдвиг нейтронных резонансов. II. Учет колебаний в кристаллической решетке. ОИЯИ, Р3-11741, Дубна, 1978.
 47. Гудовский В. Использование эвристических методов для оптимизации внутреннего топливного цикла в ядерных реакторах. ОИЯИ, Р3-11803, Дубна, 1978.
 48. Боганч Я., Дюлаи Й., Надь А., Назаров В.М., Сабо А., Шереш З. Использование пучков тепловых нейтронов для получения распределения атомов бора в материалах. ОИЯИ, Р3-11816, Дубна, 1978.
 49. Покотилковский Ю.Н. Некоторые особенности анализа поляризации ультрахолодных нейтронов. ОИЯИ, Р3-11823, Дубна, 1978.
 50. Боганч Я., Надь А., Сабо А. Определение пробегов α -частиц в многокомпонентных веществах. ОИЯИ, Р11-11800, Дубна, 1978.
 51. Гуляев В.А., Жуков Г.П., Замрий В.Н., Маталин Л.А. Аналоговая подсистема для измерения статических и динамических параметров. ОИЯИ, Р10-11926, Дубна, 1978.
 52. Гуляев В.А., Замрий В.Н., Иванов В.С. Мультиплексоры аналоговых сигналов для модульных помехоустойчивых измерительных систем. ОИЯИ, Р10-11927, Дубна, 1978.
 53. Гуляев В.А., Замрий В.Н., Иванов В.С. Аналого-цифровой преобразователь для модульных систем. ОИЯИ, Р10-11940, Дубна, 1978.
 54. Лушиков В.И., Франк А.И. Квантовые эффекты при хранении ультрахолодных нейтронов на плоскости. ОИЯИ, Р3-11868, Дубна, 1978.
 55. Балагуров А.М., Длоуга М., Миронов Г.М. Кристаллографические данные дисульфида таллия галлия. ОИЯИ, Р14-11981, Дубна, 1978.
 56. Игнатович В.К. Некоторые эффекты в дифракции нейтронов на идеальных монокристаллах в приближении одномерного периодического потенциала. ОИЯИ, Р4-11937, Дубна, 1978.
 57. Новопольцев М.И., Покотилковский Ю.Н. Прерывание потока ультрахолодных нейтронов перемагничиваемыми ферромагнитными пленками. ОИЯИ, Р3-11986, Дубна, 1978.
 58. Попов А.Б., Тшецяк К., Хван Чер Гу. О дублетной структуре нейтронного резонанса $41,5 \text{ эВ } ^{185}\text{Re}$. ОИЯИ, Р3-11995, Дубна, 1978.
 59. Ефимов В.Н. Модель граничных условий тензорного взаимодействия в задачах двух и трех нуклонов. 1. Модель без внешнего потенциала в задаче двух нуклонов. ОИЯИ, Р4-12007, Дубна, 1978.
 60. Васильев Б.В., Кольчева Е.В. Измерение электрического дипольного момента электрона с помощью квантового интерферометра. ЖЭТФ, 1978, т.74, с.466.
 61. Киссиг К., Северьянов В.М., Шибяев В.Д. Временной кодировщик с программным заданием ширины канала. IX Международный симпозиум по ядерной электронике. Варна, 1977. ОИЯИ, Д13-11182, Дубна, 1978, с.309-12.
 62. Кобзев А.П. К вопросу о направленности излучения Вавилова-Черенкова. ЯФ, 1978, т.27, вып.5, с.1256-60.
 63. Балагуров А.М. Нейтронографические исследования структуры монокристаллов методом времени пролета. Автореферат диссертации. ОИЯИ, Р14-12044, Дубна, 1978.
 64. Кадменский С.Г., Ратис Ю.Л., Рыбак К.С., Фурман В.И. Выбор эффективного взаимодействия, зависящего от плотности, и α -распад тяжелых сферических ядер. ЯФ, 1978, т.27, с.906-914.
 65. Кадменский С.Г., Фурман В.И., Хлебостроев В.Г. Спектры запаздывающих протонов и α -частиц нечетно-нечетных нейтронодефицитных ядер $62 < A < 206$. ЯФ, 1978, т.27, с.938-47.
 66. Игнатович В.К. Деполяризация ультрахолодных нейтронов при преломлении и отражении на поверхности магнитных пленок. Письма в ЖЭТФ, 1978, т.28, с.311-314.
 67. Бунатян Г.Г. О квазидискретных состояниях в комплексном потенциале. ЯФ, 1978, т.28, с.360-366.
 68. Шарапов Э.И. Изучение четырехнуклонной системы в реакциях с нейтронами при низких энергиях. III Международная школа по нейтронной физике. Алушта, 1978. Сборник лекций. ОИЯИ, Д3-11787, Дубна, 1978, с.437-457.
 69. Стрелков А.В., Хельтцельт М. Наблюдение разогрева ультрахолодных нейтронов как причины аномального ограничения времени их хранения в замкнутых сосудах. ЖЭТФ, 1978, т.74, с.23-36.
 70. Семенов В.Г. Исследование реакции (n, α) на деформированных ядрах с помощью резонансных нейтронов. Автореферат диссертации. ОИЯИ, Р3-11240, Дубна, 1978.

71. Останевич Ю.М., Франк И.М., Шабалин Е.П. Реактор ИБР-2 сегодня. III Международная школа по нейтронной физике. Алушта, 1978. Сборник лекций. ОИЯИ, ДЗ-11787, Дубна, 1978, с.7-21.
72. Лущиков В.И. Эксперименты с ультрахолодными нейтронами. III Международная школа по нейтронной физике. Алушта, 1978. Сборник лекций. ОИЯИ, ДЗ-11787, Дубна, 1978, с.183-208.
73. Козлов Ж.А. Исследование гелия -2 методом рассеяния нейтронов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. ОИЯИ, З-11327, Дубна, 1978, с.17.
74. Балабанов Н., Гледенов Ю.М., Пак Хон Чер, Попов Ю.П., Семенов В.Г. Исследование α -распада высоковозбужденных состояний деформированных ядер методом (n, α) -реакции. ЯФ, 1978, т.28, с.1148-1153.
75. Антонов А., Балабанов Н., Гледенов Ю.М., Пак Хон Чер, Попов Ю.П. Реакция (n, α) и новая область α -распада ком-паунд-состояний ядер. ЯФ, 1978, т.27, с.18-28.
76. Голиков В.В., Лущиков В.И., Стрелков А.В. Получение и хранение ультрахолодных нейтронов. Neutron Inelastic Scattering, 1977.Proc.Symp. Vienna, IAEA, 1978, p.39.
77. Furman V.I. Holan S., Stratan G. Non-R-Matrix Shell Model Approach to α -Decay... JINR, E4-11287, Dubna, 1978.
78. Stoika A.D., Strelkov A.V., Hetzelt M. Upscattering Detected as the Main Reason for Anomalous Loss of Ultra-Cold Neutron in Neutron Storage Experiments. Z.Phys., 1978, v.298, No.4, p.349.
79. Efimov V.N., Schulz H. On a Simple Energy-Dependent Boundary Condition Model...Nucl.Phys., A309, No.3 p.344.
80. Ignatovich V.K. Nonspreading Wave Packets in Quantum Mechanics. Foud.Phys., 1978, v.8, No.7/8, p.565.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 октября 1979 года.