

Ш 612

6-89-381

ШИМЕЧЕК Павел

ИЗУЧЕНИЕ СВЕРХТОНКИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
НА ЯДРАХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
В ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТРИЦАХ  
И СТРУКТУРЫ ЯДЕР  $^{149}\text{Pm}$  И  $^{149}\text{Sm}$

Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра  
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1989

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем  
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:  
доктор физико-математических наук  
профессор

М. Фингер

Официальные оппоненты:  
доктор физико-математических наук  
кандидат физико-математических наук

Ю. П. Гангский  
Г. М. Гуревич

Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1989 г.  
в \_\_\_\_\_ час. на заседании Специализированного совета  
Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, Дубна  
Московской области.

Автореферат разослан "6" 06 1989 г.  
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета  
доктор физико-математических наук

Ю. А. Батусов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

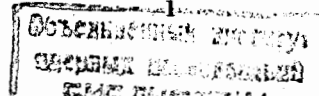
Актуальность темы диссертации. Одной из актуальных проблем структуры атомного ядра является изучение областей ядер переходного характера, в которых возможны резкие изменения формы ядер. С точки зрения теоретического понимания свойств переходных ядер оказывается, что большинство из них трудно описать в рамках представлений, развитых в настоящее время как для сильнодеформированных, так и для сферических ядер. Эти представления можно рассматривать лишь как асимптотические пределы для описания большинства реальных нуклидов. В этой связи представляется очень важным систематическое детальное изучение свойств ядер переходного характера в широком диапазоне атомных и массовых чисел, при изучении которых можно проверить границы применимости имеющихся в настоящее время модельных представлений и выявить новые эффекты и закономерности.

Знание характеристик ядерных уровней является важным не только для понимания структуры ядра, но и для описания атомных и твердотельных явлений, чувствительных к сверхтонким взаимодействиям. Исследования сверхтонких взаимодействий в твердом теле дают возможность обогатить и расширить наши знания в обеих областях: в ядерной физике и в физике твердого тела.

Чтобы получить более полную экспериментальную информацию о характеристиках ядер, применяются разные методические подходы. Используя данную методику, можно обычно изучать одну специфическую область ядерных возбуждений и получить лишь некоторую физическую информацию. Только результаты многих, методически разных измерений позволяют строить достаточно полную картину исследуемого физического объекта. Важной предпосылкой успеха в решении встречающихся задач является возможность эффективного использования современной техники и оригинальных установок, разработанных в разных научных центрах. Эти требования осуществляются в рамках широкого международного научно-технического сотрудничества на базе ОИЯИ и в рамках сотрудничества с другими научными центрами мира.

### Цель работы:

1. Создание установки для измерения возмущенных  $\gamma$ - $\gamma$  угловых корреляций (ВУК) в диапазоне температур от 1,5 К до комнатной температуры. Разработка методики измерения, обработки и анализа данных.
2. Изучение сверхтонких магнитных полей (СМП) на ядрах редкоземельных элементов в ферромагнитных матрицах Fe, Co и Ni.



3. Изучение структуры низколежащих состояний ядра  $^{149}\text{Pm}$  методом ядерной ориентации  $^{149}\text{Nd}$  при сверхнизких температурах.

4. Исследование структуры низколежащих состояний ядра  $^{149}\text{Sm}$  в реакции  $^{146}\text{Nd}(\alpha, n\gamma)$  на пучке циклотрона МС-20 Университета в Ювяскюля в Финляндии.

#### Научная новизна:

- создана экспериментальная установка, позволяющая проводить измерения  $\gamma$ - $\gamma$  угловых корреляций, возмущенных статическим магнитным полем, в диапазоне температуры образцов от 1,5 К до комнатной температуры,

- измерены сверхтонкие магнитные поля на ядрах Sm в железной и никелевой матрицах при температуре образцов в диапазоне от 4,2 К до комнатной температуры. Для исследуемых образцов определены параметры электрических кристаллических и магнитных обменных полей,

- впервые применена методика ядерной ориентации при сверхнизких температурах для изучения свойств низколежащих уровней ядра  $^{149}\text{Pm}$ . Однозначно определены спины уровней 288 и 425 кэВ как 9/2 и 7/2 и независимым способом подтверждены спины некоторых других уровней  $^{149}\text{Pm}$ . Получена новая экспериментальная информация о мультипольности  $\gamma$ -лучей, возбуждаемых при распаде материнского ядра  $^{149}\text{Nd}$  ( $T_{1/2}=1,7$  ч),

- для изучения структуры низколежащих уровней  $^{149}\text{Sm}$  впервые использована реакция  $^{146}\text{Nd}(\alpha, n\gamma)$  в диапазоне энергий  $E_{\alpha}=16,0-20,4$  МэВ. Обсуждаются квантовые характеристики многих, в том числе ранее ненаблюдавшихся, уровней и мультипольности  $\gamma$ -переходов  $^{149}\text{Sm}$ . В результате предлагается уточненная схема уровней  $^{149}\text{Sm}$  и новая экспериментальная информация о мультипольности и приведенных вероятностях переходов.

Практическая ценность диссертации. Созданная экспериментальная установка позволяет измерять сверхтонкие магнитные поля, а также магнитные дипольные и электрические квадрупольные моменты ядер. Измерения при низких температурах повышают точность определения этих величин. Кроме того, измерения при гелиевой температуре позволяют определить величины магнитных обменных полей и параметры электрических кристаллических полей.

Новые результаты экспериментальных исследований свойств низколежащих уровней ядер  $^{149}\text{Pm}$  и  $^{149}\text{Sm}$  могут быть использованы для более подробного теоретического обсуждения структуры уровней ядер переходной области с  $A \approx 150$  и для проверки современных моделей атомного ядра.

#### Автор защищает:

- созданную установку для измерения ВУК в диапазоне температур 1,5-300 К и разработанную методику измерения, обработки и анализа данных;

- результаты исследований температурной зависимости сверхтонких магнитных полей на ядрах  $^{152}\text{Sm}$  в ферромагнитных матрицах Fe и Ni;

- результаты экспериментальных и теоретических исследований структуры низколежащих состояний ядер  $^{149}\text{Pm}$  и  $^{149}\text{Sm}$ .

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на VII Конференции по сверхтонким взаимодействиям (Бангалоре (1986 г.)), на VIII Конференции чехословацких физиков (Братислава (1985 г.)), на Международной конференции по физике ориентированных ядер (Прага (1988 г.)), на семинарах по физике атомного ядра ЛЯП ОИЯИ и на семинаре Отдела физики Университета в Ювяскюля.

Публикации. В диссертации обобщены результаты работ, выполненных автором в 1983-1989 гг. Основные результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в работах /1-6/.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, двух частей и заключения, в котором приводятся основные выводы. Работа изложена на 121 странице, содержит 16 рисунков и 16 таблиц.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы, сформулированы ее цели и определены основные положения, вынесенные на защиту.

Первая часть работы состоит из трех глав. В первой главе рассматриваются вопросы, связанные с  $\gamma$ - $\gamma$  угловыми корреляциями, возмущенными внешним статическим магнитным полем. Во второй главе описываются методические вопросы измерения, обработки и анализа данных. Описывается установка для измерения ВУК, позволяющая проводить измерения изучаемых образцов в диапазоне температур от 1,5 К до комнатной температуры. В третьей главе приводятся и обсуждаются результаты наших измерений температурной зависимости сверхтонких магнитных полей на ядрах  $^{152}\text{Sm}$  в железной и никелевой матрицах.

В сотрудничестве с Карловым университетом в Праге и Пражским политехническим институтом была создана установка, позволяющая проводить измерения ВУК в диапазоне температур от 1,5 К до комнатной

температуры. Преимуществом ее по сравнению с существующими в ОИЯИ установками является возможность исследования сверхтонких взаимодействий в гелиевой области температур. Это позволяет определить величины обменного магнитного поля и параметры кристаллического поля в исследуемых матрицах, что весьма важно для физики твердого тела. Кроме того, измерения в гелиевой области температур повышают точность определения магнитных дипольных и электрических квадрупольных моментов возбужденных состояний атомных ядер, так как при низких температурах внутренние сверхтонкие поля известны обычно с лучшей точностью.

Созданная установка включает в себя криогенную и спектрометрическую аппаратуру.

Криогенная часть установки показана на рис. 1а и 1б. Она состоит

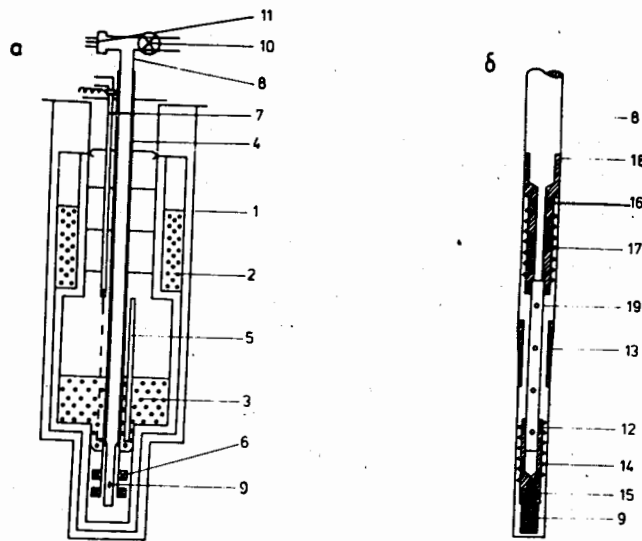


Рис. 1. Криостат с регулируемой температурой образцов для измерения возмущенных угловых  $\gamma$ - $\gamma$  корреляций: а) криостат; б) держатель образца: 1-корпус криостата, 2-азотный сосуд, 3-гелиевый сосуд, 4-вставка, 5-уровнемер, 6-магнит, 7-тоководы магнита, 8-держатель образца, 9-образец, 10-вентиль, 11-электрические контакты, 12-медный цилиндр, 13-конус, 14-нагреватель, 15-термопары, 16-опорные точки термопар, 17-термический контакт проводов, 18-медное кольцо, 19- трубка из нержавеющей стали.

из гелиевого криостата, вставки со сверхпроводящим магнитом и держателя образца.

Криостат имеет азотный и гелиевый сосуды емкостью соответственно 15 и 17 литров и сохраняет работоспособность без дополнения жидкостей в течение 36 часов.

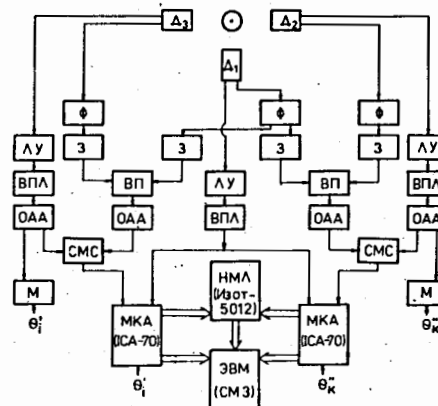
Вставка имеет тепловые экраны, термометры, нагреватель образца и непрерывный уровнемер для контроля уровня жидкости в гелиевом сосуде. В нижней части вставки закреплены катушки Гельмгольца, создающие магнитное поле на образцах величиной до 2 Тл.

К держателю образца прикреплены проволочный нагреватель и термопара для измерения температуры образца. Температура образца устанавливается с точностью  $\pm 1,5$  К в диапазоне температур 4 - 300 К.

Для регистрации  $\gamma$ -излучения в наших измерениях использовались три Ge(Li)-детектора, размещенные вне криостата на специальной подвижной платформе. Один из детекторов закреплен неподвижно. Два других детектора можно поворачивать в горизонтальной плоскости относительно закрепленного детектора. Конструкция катушки магнита позволяет проводить измерения в положениях подвижных детекторов под углами  $90^\circ$ - $180^\circ$  и  $230^\circ$ - $270^\circ$  относительно неподвижного. Применение трех детекторов увеличивает эффективность получения полезной информации.

Блок-схема установки для измерения интегральных ВУК показана на рис. 2. Она построена по принципу быстро - медленных совпадений с применением конвертера время - амплитуда. В трактах использованы стандартные спектрометрические и временные блоки производства фирм

Рис. 2. Блок-схема спектрометрической аппаратуры: Д-Ge(Li)-детектор, Ф-формирователь с постоянной временной привязкой, З-задержки, ВП-время-амплитудный преобразователь, ОАА-одноканальный анализатор амплитуды, ЛУ-линейный усилитель, ВПШ-восстановитель постоянной линии, М-монитор, СМС-схема медленных совпадений, МКА-многоканальный анализатор амплитуды, НМЛ-накопитель на магнитной ленте, ЭВМ-электронно-вычислительная машина.



"CAMBERRA", "TESLA" и "POLON". Временное разрешение аппаратуры составляло  $2\tau \approx 20$  нс.

Для накопления спектров совпадений используются 4096-канальные амплитудные анализаторы ICA-70. Для контроля измерений и последующей коррекции результатов в связи с возможным отклонением фактического времени экспозиции от заданного в мониторах М накапливаются данные о числе импульсов в выбранных энергетических диапазонах. Кроме того, мониторы позволяют сохранять накопленную информацию при непредвиденной остановке измерений. Информация из анализатора ICA-70 передается через интерфейс в накопитель на магнитной ленте ИЗОТ-5012 или в память ЭВМ СМ-3А для обработки спектров совпадений.

Контрольные измерения ИВУК при температуре 4,2 К проводились с образцом  $^{152}\text{EuFe}$ . Было определено значение сверхтонкого магнитного поля на ядрах Gd в железной матрице при температуре 4,2 К:  $V_{\text{hf}} = -36,1(5)$  Тл. Это значение  $V_{\text{hf}}$  находится в хорошем согласии с величиной  $V_{\text{hf}} = -37,0(8)$  Тл, измеренной при температуре 12 К другими авторами.

С целью определения величины обменных магнитных полей и параметров электрических кристаллических полей мы проводили измерения температурной зависимости сверхтонких магнитных полей на примесных ядрах  $^{152}\text{Sm}$  в ферромагнитных матрицах Fe и Ni. Радиоактивные ионы  $^{152}\text{Eu}$  были имплантированы при комнатной температуре на масс-сепараторе с энергией 75 кВ. Методом ИВУК измерялись угловые распределения  $\gamma$ -лучей каскада 868-244 кэВ  $^{152}\text{Sm}$  в диапазоне температур образца 4,2-300 К. Измерения при температуре 4,2 К проводились методом полной возмущенной интегральной УК, при высших температурах — методом R-функции для двух противоположных направлений внешнего магнитного поля.

Поле от оболочки 4f мы рассчитали как разницу между экспериментальной величиной и составляющими СМП, связанными с поляризацией остова и электронов проводимости. Приводятся также результаты нашего анализа составляющих СМП на ядрах других редкоземельных элементов в ферромагнитных матрицах Fe, Co и Ni.

При подгонке наших экспериментальных результатов свободными параметрами являлись величина обменного магнитного поля  $V_{\text{exch}}(0)$  и параметр кристаллического поля  $V_4$ . Эти параметры описывают взаимодействие магнитного иона в кристаллической решетке и входят в аргумент функции Бриллюэна. На рис. 3 показана полученная температурная зависимость составляющей  $V^{4f}(T)$  для ядер  $^{152}\text{Sm}$  в матрицах Fe и Ni. Результаты подгонки приведены в таблице 1.

Используя определенные выше величины  $V_4$ , можно рассчитать заряд  $q$

Таблица 1. Результаты подгонки температурной зависимости составляющей сверхтонкого поля  $V^{4f}(T)$  на ядрах Sm

Матрица	$V_{\text{exch}}$ (Тл)	$V_4$ (К)	$\chi^2$	$q$ (e)
Fe	-212(15)	0,90(15)	0,45	+3,05(20)
Ni	-45(6)	0,95(20)	0,30	+1,54(20)

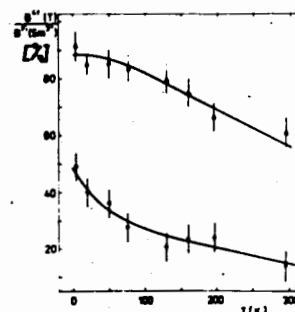


Рис. 3. Температурная зависимость составляющей  $V^{4f}(T)$  для ядер  $^{152}\text{Sm}$  в матрицах Fe и Ni: ( $\blacktriangle$ )  $\text{SmFe}$ , ( $\bullet$ )  $\text{SmNi}$ .

иона самария в точке замещения в матрицах Fe и Ni. Полученные результаты, рассчитанные в рамках простой модели точечных зарядов, приведены в последнем столбце таблицы 1. Из нее видно, что в случае никелевой матрицы заряд  $q$  отличается от ожидаемого значения  $+3e$ . Это может быть связано с влиянием электронов проводимости в металлических системах, специфическое распределение которых в модели точечных зарядов не учитывается. С другой стороны, наши результаты могут свидетельствовать о смешан-

ной валентности самария. Смешанная валентность редкоземельных ионов в химических соединениях представляет большой интерес и изучается разными методами.

Во второй части диссертации приводятся и обсуждаются результаты экспериментальных и теоретических исследований структуры низколежащих состояний ядер  $^{149}\text{Pm}$  и  $^{149}\text{Sm}$ .

В первой главе описывается предпринятая попытка устранить имеющиеся неоднозначности в определении спинов  $^{149}\text{Pm}$  и расширить данные по коэффициентам смешивания мультипольностей  $\gamma$ -лучей. Для этих целей нами впервые применена методика ядерной ориентации  $^{149}\text{Nd}$  при низких температурах. Измерения проводились на установке СПИН в ОИЯИ.

Радионуклид  $^{149}\text{Nd}$  с периодом полураспада  $T_{1/2} = 1,73(1)$  ч получался путем облучения окиси  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ , обогащенной до 93,2 % изотопом  $^{148}\text{Nd}$ , тепловыми нейтронами на реакторе ИБР-2 ОИЯИ. Образцы  $^{149}\text{NdGd}$  приготавливались путем плавки и охлаждались до температуры  $\approx 16$  мК.

Регистрация  $\gamma$ -лучей проводилась с помощью двух коаксиальных

Ge(Li)-детекторов, расположенных под углами  $0^\circ$  и  $90^\circ$  относительно направления внешнего магнитного поля, составляющего 1,2 Тл. Измерения были выполнены для двух образцов  $^{149}\text{Nd}$ .

Полученные для 27  $\gamma$ -переходов в  $^{149}\text{Pm}$  нормированные интенсивности  $w(0^\circ)$  и  $w(90^\circ)$  позволили определить экспериментальные значения  $A_2 U_2 V_2$  и  $A_4 U_4 V_4$ , входящие в выражение, описывающее угловое распределение  $\gamma$ -излучения ориентированных ядер. Коэффициент ориентации  $V_2$  для основного состояния  $^{149}\text{Nd}$  определялся на основе анизотропии интенсивного E1-перехода 654 кэВ. Для двух образцов, использованных в настоящей работе, получены соответствующие значения  $V_2$ , равные 0,508(44) и 0,700(50).

Для уровня 240 кэВ,  $11/2^-$   $^{149}\text{Pm}$  возможно внешнее возмущение первоначальной ориентации из-за длительного времени жизни  $T_{1/2} = 35$  мс этого уровня. Наши данные не исключают такое возмущение, так как величина фактора ослабления ориентации  $G_2$  была получена в пределах  $0,2 \leq G_2 \leq 1$ .

На основе экспериментальных значений  $A_2 U_2 V_2$  и  $V_2$  и рассчитанных коэффициентов  $U_2$  были определены коэффициенты  $A_2$  для 22  $\gamma$ -переходов в  $^{149}\text{Pm}$ . Измеренные нами результаты для интенсивных E1-переходов 654,9, 270,2, 423,5, 540,5, 326,5 и 155,9 кэВ позволили независимо и однозначно подтвердить спины уровней 270,2, 537,8, 211,3 и 114,3 кэВ с квантовыми характеристиками соответственно  $7/2^-$ ,  $5/2^-$ ,  $5/2^+$  и  $5/2^+$ . Квантовые характеристики некоторых других состояний были определены на основе экспериментальной анизотропии  $\gamma$ -переходов, заселяющих или разряжающих эти состояния. Таким образом, мы впервые определили спины уровней 288,2 и 425,3 кэВ как  $9/2$  и  $7/2$ , а также подтвердили спины уровней 188,6, 387,6, 360,1, и 462,2 кэВ соответственно как  $3/2$ ,  $1/2$ ,  $7/2$  и  $3/2$ .

Из экспериментальных значений коэффициентов  $A_2$  были определены параметры смешивания мультипольностей  $\gamma$ -переходов  $^{149}\text{Pm}$ , большинство из которых получено нами впервые. Приводится сравнение наших данных с результатами других авторов.

Полученные нами новые данные о спинах уровней и параметрах смешивания мультипольностей  $\delta$  для многих  $\gamma$ -переходов в  $^{149}\text{Pm}$  позволили провести более подробное обсуждение структуры уровней ядра  $^{149}\text{Pm}$ .

Интерпретация экспериментальных данных проведена в рамках двух моделей: неадиабатической вращательной модели (НВМ) и вибрационной модели с промежуточной связью нечетной частицы с остовом (ВМ).

Расчеты по НВМ проводились в предположении движения квазичастиц в аксиально-симметричном слабодеформированном потенциале Саксона-Вудса с параметрами равновесной деформации  $\beta_{20} = 0,09$ ,  $\beta_{40} = -0,02$ .

Энергии и амплитуды кориолисова смешивания мы рассчитали путем прямой диагонализации матрицы взаимодействия Кориолиса в ограниченном базисе состояний одной четности. В расчете учитывались квазичастичные состояния из оболочек  $g_{7/2}$ ,  $d_{3/2}$ ,  $d_{5/2}$  и  $h_{11/2}$ . Отметим, что в ядрах с  $Z \approx 60$  протонная оболочка  $d_{3/2}$  находится на 1000 - 1500 кэВ выше оболочки  $d_{5/2}$ . Однако в протонных ядрах хорошо известны так называемые "intruder states"- состояния с низкой энергией возбуждения, принадлежащие оболочкам  $s_{1/2}$ ,  $d_{3/2}$  и  $h_{11/2}$ . Таким образом, нами интерпретированы ротационные полосы состояний  $1/2^+[411]$  и  $1/2^-[505]$  из соответствующих оболочек  $d_{3/2}$  и  $h_{11/2}$ .

В процессе диагонализации варьировались внутренние квазичастичные энергии и факторы ослабления взаимодействия Кориолиса.

Интерпретация уровней проводилась с учетом экспериментальных величин  $\langle E2 \rangle$ , рассчитанных по нашим данным о мультипольностях  $\gamma$ -переходов и литературным данным по времени жизни некоторых уровней. Полученные результаты показаны на рис. 4. В работе сравниваются рассчитанные и экспериментальные значения вероятностей  $\langle E2 \rangle$ ,  $\langle M1 \rangle$ ,  $\langle E1 \rangle$  и коэффициентов  $\delta$ .

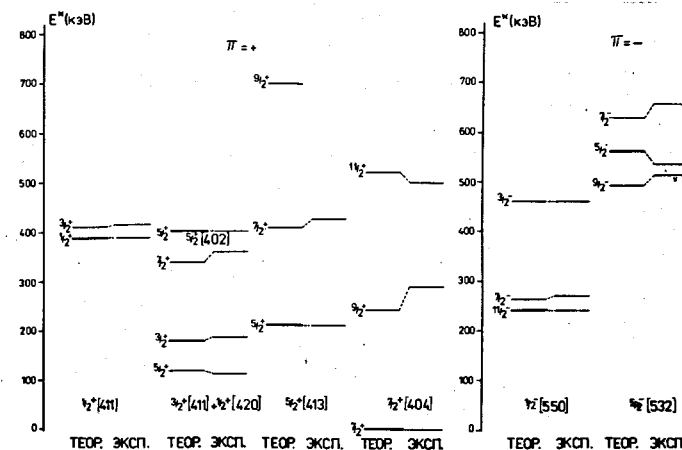


Рис. 4. Сравнение экспериментальных уровней  $^{149}\text{Pm}$  с результатами расчетов в рамках неадиабатической вращательной модели

В наших расчетах структуры  $^{149}\text{Pm}$  по ВМ мы рассматривали пять протонных состояний  $s_{1/2}$ ,  $d_{3/2}$ ,  $d_{5/2}$ ,  $g_{7/2}$  и  $h_{11/2}$  и одно- или двухфононные квадрупольные и октупольные возбуждения четно-четного остова в  $^{148}\text{Nd}$ . При оптимизации варьировались квазичастичные и фононные энергии и параметр смешивания.



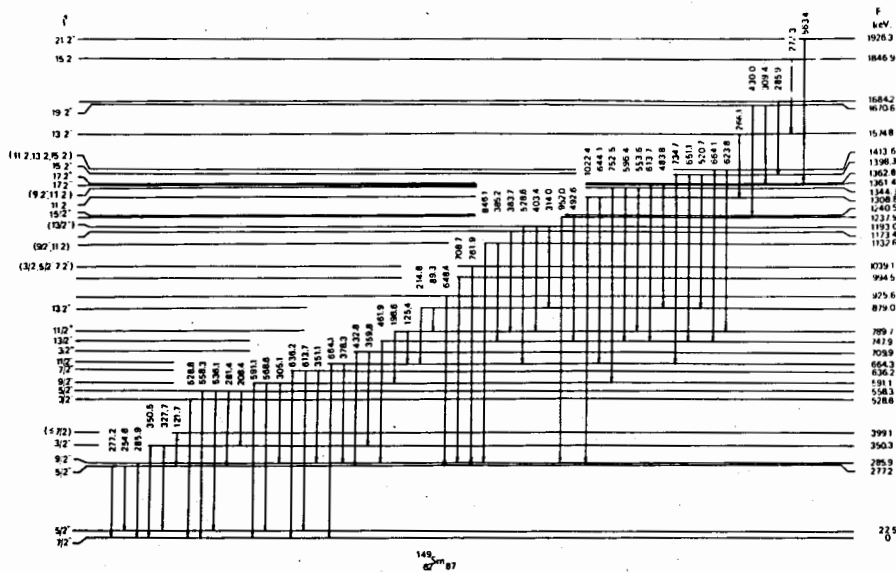


Рис. 6. Схема уровней ядра  $^{149}\text{Sm}$ , возбуждаемых при энергии  $E_\alpha = 18,5$  МэВ в реакции  $^{146}\text{Nd}(\alpha, n\gamma)$ .

можно приписать низкое значение спина и наиболее вероятно  $7/2^-$ .

3) Форма функции возбуждения перехода  $752,5$  кэВ, разряжающего уровень  $1344,3$  кэВ, ограничивает спин этого уровня на  $I \leq 11/2$ , причем наиболее вероятно значение  $9/2^-$ . Это предположение подтверждает и функция возбуждения перехода  $554$  кэВ, разряжающего этот уровень. Она была измерена при энергии  $E_\alpha \leq 17,4$  кэВ; при высших энергиях  $E_\alpha$  заметно проявляется компонент от канала реакции  $(\alpha, 2n\gamma)$ .

4) В спектрах  $\gamma$ -лучей нами наблюдались  $\gamma$ -линии переходов, не обнаруженные в других работах. Некоторые из них,  $285,9$  (сложной пик),  $383,7$ ,  $385,2$ ,  $432,8$  и  $623,8$ ,  $648,4$  и  $761,9$  кэВ, были размещены в предлагаемой схеме. Существование этих переходов потребовало введения в схему  $^{149}\text{Sm}$  новых уровней с энергиями  $1173,4$  и  $1684,2$  кэВ. Форма функции возбуждения нового перехода  $383,7$  кэВ указывает на низкое значение спина разряжаемого им уровня  $1173,4$  кэВ.

В работе также обсуждаются спины некоторых других уровней, сложный характер некоторых  $\gamma$ -переходов и принадлежность некоторых других наблюдаемых переходов к изучаемому каналу реакции.

Из экспериментальных значений коэффициентов углового распределения  $A_2^{\text{max}} = A_2 / (A_0 \alpha_2)$  и  $A_4^{\text{max}} = A_4 / (A_0 \alpha_4)$  были определены

параметры смешивания мультипольностей  $\delta$  для многих  $\gamma$ -переходов  $^{149}\text{Sm}$ . Большинство из значений  $\delta$  получено нами впервые.

Для интерпретации структуры низколежащих состояний  $^{149}\text{Sm}$  проведены расчеты в рамках неадиабатической вращательной модели, предполагая движение квазичастиц в аксиально-симметричном потенциале Нильссона с малой деформацией  $\delta \approx 0,10$ . При оптимизации варьировались внутренние квазичастичные энергии и момент инерции в базе всех шестнадцати квазичастичных состояний из оболочек  $f_{7/2}$ ,  $h_{9/2}$  и  $i_{13/2}$ . Для всех шестнадцати квазичастичных состояний принимался один параметр ослабления смешивания Кориолиса  $\eta = 0,9$ . Чтобы воспроизвести структуру ротационных полос, рассматривалась зависимость момента инерции от спина трех нильссоновских конфигураций  $1/2^- [530]$ ,  $5/2^- [523]$  и  $7/2^- [514]$ .

Так как основное состояние  $^{149}\text{Sm}$  принадлежит оболочке  $f_{7/2}$ , мы интерпретируем состояния с большими значениями вероятностей  $E_2^-$  оболочке  $f_{7/2}$ . Результаты расчетов энергетических уровней в такой интерпретации приводятся на рис. 7. Следует отметить, что состояние  $3/2^- 710$  кэВ, введенное в предлагаемой работе, хорошо описывается в наших расчетах, и в целом наши расчеты описывают все до сих пор известные экспериментальные уровни с отрицательной четностью в области энергий возбуждений ниже  $1$  МэВ. Как показано выше, эти расчеты проводились при одном значении коэффициента ослабления  $\eta = 0,9$ ,

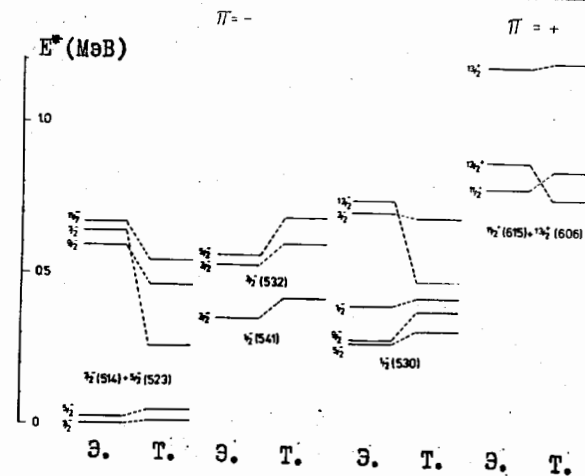


Рис. 7. Сравнение экспериментальных уровней  $^{149}\text{Sm}$  с теоретическими, рассчитанными в рамках неадиабатической вращательной модели.



величина которого указывает на возможные однофононные примеси в квазичастичных состояниях. Тогда из-за расхождения структуры рассчитанной ротационной полосы  $7/2^- [514] + 5/2^- [523]$  с экспериментом можно ожидать значительные однофононные примеси к квазичастичным возбуждениям оболочки  $f_{7/2}$ . Однофононные возбуждения четно-четного остова  $^{148}\text{Sm}$  как раз и находятся в области энергии возбуждения  $\approx 700$  кэВ.

Уровни положительной четности интерпретируются нами как возбуждения оболочки  $i_{13/2}$ . Эта интерпретация предполагает сильное кориолисово смешивание состояний  $11/2^+$  и  $13/2^+$ , которое проявляется в значениях  $B(E2)$  переходов.

Следует отметить, что несмотря на сложный характер структуры переходного ядра  $^{149}\text{Sm}$  описание вероятностей E2- и M1- переходов в рамках простой ротационной модели привело к качественному согласию с экспериментальными результатами. Однако результаты расчетов коэффициентов смешивания  $\delta$  согласуются с экспериментом хуже.

В заключении приводятся основные выводы. Их можно сформулировать следующим образом:

1. Создан экспериментальный комплекс, позволяющий проводить измерения возмущенных  $\gamma$ - $\gamma$  угловых корреляций в диапазоне температуры образцов от 1,5 К до комнатной температуры. Разработана методика измерения, обработки и анализа данных.

2. Изучены сверхтонкие магнитные поля на ядрах Sm в железной и никелевой матрицах при температуре образцов в диапазоне от 4,2 К до комнатной температуры. Для исследуемых образцов определены параметры электрических кристаллических и магнитных обменных полей. Проведены систематика и анализ составляющих сверхтонких магнитных полей на ядрах примесей редкоземельных элементов в ферромагнитных матрицах Fe, Co и Ni.

3. Впервые применена методика ядерной ориентации при сверхнизких температурах для изучения свойств низколежащих уровней ядра  $^{149}\text{Pm}$ . Результаты измерений позволили определить нормированные интенсивности 27  $\gamma$ -переходов в ядре  $^{149}\text{Pm}$ . Однозначно определены спины уровней 288 и 425 кэВ как  $9/2$  и  $7/2$  и независимым способом подтверждены спины некоторых других уровней  $^{149}\text{Pm}$ . Получена новая экспериментальная информация о мультипольности  $\gamma$ -лучей, возбуждаемых при распаде материнского ядра  $^{149}\text{Nd}$  ( $T_{1/2} = 1,7$  ч), а также о приведенных вероятностях E2-, M1- и E1- переходов. Экспериментальные результаты настоящей работы сравниваются с расчетами, проведенными в рамках ротационной и вибрационной моделей.

4. Для изучения структуры низколежащих уровней  $^{149}\text{Sm}$  впервые

использована реакция  $^{146}\text{Nd}(\alpha, n\gamma)$  в диапазоне энергий  $E_\alpha = 16,0 - 20,4$  МэВ. Изучены спектры  $\gamma$ -лучей и электронов внутренней конверсии и спектры  $\gamma$ - $\gamma$  совпадений, а также угловые распределения интенсивности  $\gamma$ -лучей и функции возбуждения. Обсуждаются квантовые характеристики многих, в том числе ранее ненаблюдавшихся, уровней и мультипольности  $\gamma$ -переходов  $^{149}\text{Sm}$ . В результате предлагается уточненная схема уровней  $^{149}\text{Sm}$  и новая экспериментальная информация о мультипольности и приведенных вероятностях переходов. Приводится сравнение с расчетами в рамках ротационной модели ядра.

#### Работы, опубликованные по теме диссертации:

1. Будзьински М., Вепржек Я., Коничек Я., Лешнер Т., Ота Й, Петржик М., Прохазка И., Соучек О., Фингер М., Фоминых В.М., Цупко-Ситников В.М., Шимечек П., Янкех А., Яноут З. Установка для измерений возмущенных угловых гамма-гамма корреляций в диапазоне температур 1,5- 300 К. Препринт ОИЯИ, I3-83-342, 1983, 7 с.; Приборы и техника эксперимента, 1985, No3, с.49-51.
2. Budzynski M., Šimeček P., Lešner T., Čížek P., Procházka I., Šimečková E., Tsupko-Sitnikov V.M., Ehn L. and Janout Z. Hyperfine magnetic field at rare-earth elements in ferromagnetic transition metals. Hyp.Int., 1987, 34, p.315-318.; Proceedings of The 8th conference of Czechoslovak physics, Bratislava, 26.-30.8.1985, p.02-02.; Proceedings of The 7th conference on NI, Bangalore, 8.-12.9.1986.
3. Šimeček P., Procházka I., Finger M., Lešner T., Malinský P., Sashin I.L., Šimečková E., Janout Z. and Koníček J. Decay of oriented  $^{149}\text{Nd}$  and levels in the N= 88  $^{149}\text{Pm}$  nucleus. Hyp.Int., 1987, 34, p.123-126.; Proceedings of The 7th conference on NI, Bangalore, 8.-12.9.1986.
4. Шимечек П., Прохазка И., Фингер М., Лешнер Т., Малински П., Сашин И.Л., Шимечкова Е., Цупко-Ситников В.М., Яноут З., Коничек Я. Изучение распада ориентированных ядер  $^{149}\text{Nd}$  и структуры ядра  $^{149}\text{Pm}$  (N=88), сообщение ОИЯИ, P6-87-161, Дубна, 1987, 10 с.

5. Šimeček P., Julin R., Juutinen S., Kortelahti M., Kumpulainen J., Nosek D., Pakkanen A. and Procházka I. In-beam study of low-lying levels in the  $^{149}\text{Sm}$  nucleus.  
JINR, E15-88-864, Dubna, 1988, 19 p.;  
Dep. of Physics, Univ. of Jyväskylä, JYFL Annual Report, 1988.;  
to be published in Z.Phys.A, 1989.
6. Šimeček P., Finger M., Tsupko-Sitnikov V.M., Procházka I., Koníček J., Janout Z. Decay of oriented  $^{149}\text{Nd}$  and low-lying levels in the  $N=88$   $^{149}\text{Pm}$  nucleus.  
JINR, E6-89-60, Dubna, 1989, 14 p.;  
submitted to J.Phys.G.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 мая 1989 года.