

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Г-654

6-83-308

ГОИС Зденек

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ КОРИОЛИСОВА
И ОСТАТОЧНОГО np -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
В НЕЧЕТНО-НЕЧЕТНЫХ
ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДРАХ
(НА ПРИМЕРЕ ЯДЕР $160-164\text{Tm}$)

Специальность: 01.04.16 – физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1983

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований

Научные руководители:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

В.Г. КАЛИННИКОВ

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

И. АДАМ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

И.Н. МИХАЙЛОВ

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

В.М. КУЛАКОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Ленинградский
институт ядерной физики.

Защита диссертации состоится " " _____ 198__ г.
в _____ час. на заседании специализированного Совета
Д047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного
института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

Автореферат разослан " " _____ 198__ г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь специализированного Совета
доктор физико-математических наук

Ю.А. Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Настоящие исследования выполнены в научно-экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований с использованием имеющегося в этом отделе экспериментального оборудования.

Актуальность работ. Экспериментальное и теоретическое исследование свойств основных и возбужденных состояний атомных ядер является одной из важнейших задач ядерной физики. Получение новых экспериментальных данных и последующее их сопоставление с результатами модельных расчетов ведет, в свою очередь, не только к уточнению существующих модельных представлений, а является шагом к достижению завершенной теории атомного ядра.

Изучаемые нечетно-нечетные деформированные ядра (на примере ядер $^{160-164}\text{Tm}$) представляют значительный интерес именно с точки зрения проверки эффектов остаточного np - взаимодействия и взаимодействия Кориолиса в случае двух нечетных частиц.

Разработанные в диссертации методы и программы были применены, с одной стороны, для получения новых и более полных схем распада изучаемых ядер и затем, с другой стороны, для вычисления теоретических значений энергий и волновых функций экспериментально установленных уровней и приведенных вероятностей $E1$, $E2$ и $M1$ -переходов.

Цель работ. Алгоритмизация процесса построения схем распада ядер и разработка программы, позволяющей более значительно использовать ЭВМ, с упором на однозначность и правильность найденной схемы распада.

Проведение исследований распада ядер $^{162,164}\text{Yb}$ при помощи методов γ - и β -спектроскопии и с использованием разработанной методики, получение максимально возможного объема информации о структуре основных и возбужденных состояний нечетно-нечетных деформированных ядер $^{162,164}\text{Tm}$.

О. БИЛИНГОВИЧ ИСТИНА
ЕИБЛИОТЕКА

Анализ свойств основных и возбужденных состояний ядер ^{160}Tm , ^{162}Tm , ^{164}Tm , проведение модельных расчетов при помощи разработанной программы и получение общих выводов о структуре состояний изучаемых ядер путем сопоставления экспериментальных данных с результатами теоретических расчетов и с систематизированными данными по соседним ядрам.

Научная новизна. Разработана новая методика построения схем распада ядер с помощью ЭВМ. Программа, базирующаяся на указанном методе, значительно сокращает время построения схемы и позволяет характеризовать ее с точки зрения однозначности и правильности.

Впервые проведено количественное исследование спектров $\gamma\gamma$ -совпадений в распаде ^{162}Tm , ^{164}Tm и дано сравнение результатов с интенсивностями совпадений, рассчитанных по предложенным схемам распада.

Получены новые схемы распада исследованных изотопов. В случае ^{162}Tm , кроме подтверждения существования двух ранее известных возбужденных уровней, обнаружено 16 новых. Схема распада ^{164}Tm установлена впервые.

Разработана программа, позволяющая вычислять теоретические значения энергий, волновые функции состояний и приведенные вероятности E1, E2 и M1 переходов в нечетно-нечетных деформированных ядрах, с учетом смешивания конфигураций, вызванного взаимодействием Кориолиса.

В экспериментальных и теоретических исследованиях ^{160}Tm , ^{162}Tm впервые получено указание на возможное нарушение правила Галлахера-Мошковского в этих ядрах. Впервые интерпретированы ранее неизвестные состояния 290,3 и 40,93; 134,92 кэВ в ^{162}Tm , ^{164}Tm соответственно. Получены сведения о важной роли, которую играют для объяснения $\{$ -запрещенных переходов в указанных ядрах π - и κ -корриолисово взаимодействия.

Практическая ценность. Разработанная методика построения схем распада ядер с успехом используется в научно-экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ уже с 1979 года.

Программа модельных расчетов энергий, волновых функций состояний и приведенных вероятностей E1, E2 и M1 -переходов дает экспериментатору возможность, кроме проведения собственного теоретического обсуждения экспериментальных результатов, также и постановки конкрет-

ных экспериментальных задач. Она используется в более чем 25 физических институтах - постоянных абонентах программной библиотеки журнала Computer Physics Communications.

Предложенные схемы распада ^{162}Tm , ^{164}Tm и сведения о значительной роли π - остаточного взаимодействия и, в то же время, указания на возможное нарушение правила Галлахера-Мошковского в изотопах ^{160}Tm , ^{162}Tm , ^{164}Tm расширяют экспериментальную и теоретическую основу проведения исследований нейтронодефицитных ядер, еще более удаленных от полос бета-стабильности.

На визиту выносятся следующие положения и результаты:

1. Алгоритмизация процесса построения схем распада ядер.
2. Программа построения схем распада ядер.
3. Экспериментальные результаты изучения одиночных спектров γ -лучей, спектров ЭВК, полученных с помощью спектрометра с полупроводниковым детектором, и спектров $\gamma\gamma$ -совпадений при распаде ^{162}Tm , ^{164}Tm .
4. Схемы распада ^{162}Tm , ^{164}Tm . Выводы о квантовых характеристиках состояний ^{162}Tm , ^{164}Tm .
5. Программа расчета энергий и волновых функций состояний и приведенных вероятностей E1, E2 и M1 -переходов в n - n деформированных ядрах с учетом взаимодействия Кориолиса.
6. Результаты анализа, расчетов и интерпретаций свойств основных и возбужденных состояний n - n деформированных ядер ^{160}Tm , ^{162}Tm , ^{164}Tm .

Апробация работы. Основные результаты исследований, изложенные в диссертации, докладывались и обсуждались на XXVIII (1978 г., Алма-Ата), XXX (1980 г., Ленинград) и XXXI (1981 г., Самарканд) Всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, на семинарах по физике атомного ядра ЛЯП и ЛТФ ОИЯИ и ОЯС ИЯФ, Ржев (СССР). Цикл работ по построению схем распада ядер и работа по программе вычисления энергий, волновых функций и приведенных вероятностей E1, E2 и M1 -переходов в n - n деформированных ядрах были отмечены премиями на конкурсе научных работ молодых специалистов ЛЯП ОИЯИ в 1979 и 1981 годах.

Публикации. Основные результаты исследований, полученные в диссертации, представлены в 8 работах, опубликованных в виде статей в журналах Nucl. Instr. and Meth., Comp. Phys. Comm., Acta Phys. Polon., в виде препринтов и сообщений ОИЯИ, а также в тезисах док-

ладов XXX совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра.

Объем работ. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения и содержит 68 страниц текста, 24 таблицы на 31 странице, 20 рисунков на 18 страницах и список литературы из 95 наименований на 14 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается обоснование актуальности темы исследования, описывается структура диссертации и приводится краткое содержание отдельных глав и заключения.

В первой главе описан способ приготовления радиоактивных источников, даны характеристики спектрометров, использованных для измерений одиночных спектров γ -лучей, спектров ЭВК и спектров $\gamma\gamma$ - и $e\gamma$ -совпадений. Коротко описаны методы обработки измеряемых данных.

Дан подробный анализ проблем, связанных с процессом построения схем распада ядер. Введен критерий "компактности", позволяющий определять фрагменты схемы с однозначно упорядоченными переходами. Определена однозначная и правильная схема распада (при помощи указанного критерия) как набор фрагментов, обладающих однозначным упорядочением переходов. Выведены следствия, позволяющие в ходе построения отдельных фрагментов схемы определять, которые из них сохранятся для размещения новых переходов и которые следует отбрасывать. Дана совокупность постулатов, позволяющая искать на практике фрагменты схемы с однозначно упорядоченными переходами, соединять их и результирующие фрагменты ориентировать относительно вращения на 180° . Описана программа построения схем распада, исходящая из указанного анализа.

Во второй главе изложены результаты экспериментальных исследований спектров излучений при распаде деформированных ядер ^{162}Yb , ^{164}Yb методами гамма- и бета-спектроскопии.

В спектрах γ -лучей и ЭВК ^{162}Yb идентифицировано 45 γ -переходов и для 19 из них установлены мультипольности. Впервые наблюдались 39 γ -переходов.

Впервые получены количественные сведения о $\gamma\gamma$ -совпадениях в распаде ^{162}Yb . Получена матрица $\gamma\gamma$ -совпадений 19 γ -переходов, позволяющая дать убедительное обоснование схемы распада.

Сравнены экспериментальные и рассчитанные по предлагаемой схеме распада ^{162}Yb интенсивности $\gamma\gamma$ -совпадений.

Экспериментальные данные об уровнях ^{162}Tm с энергией 0; 44,65 и 163,30 кэВ, полученные ранее, полностью подтверждаются в настоящих исследованиях. Кроме этих уровней, введено 16 новых, более высокоэнергетических состояний ^{162}Tm . Интенсивность γ -переходов, неразмещенных в схеме распада, составляет менее 5% всех распадов ^{162}Yb (рис. 1).

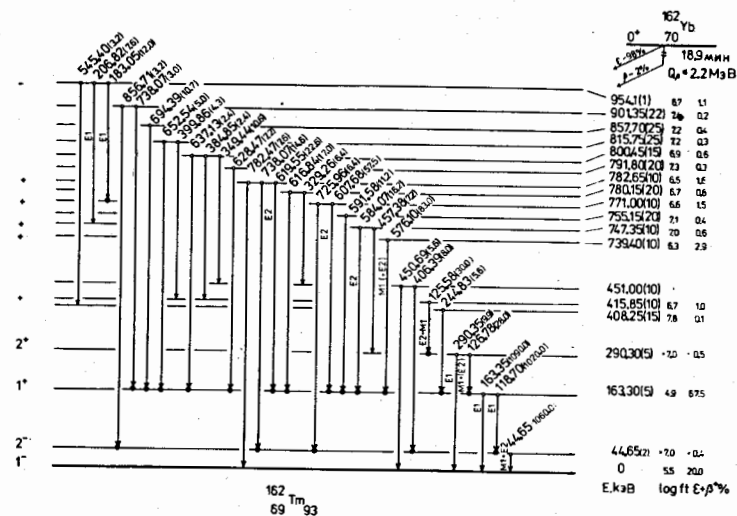


Рис. 1.

В спектрах γ -лучей и ЭВК ^{164}Yb идентифицировано 37 γ -переходов, для 25 из них установлены мультипольности. 12 γ -переходов наблюдались впервые. Переходы 75,15; 78,30; 80,07 и 118,74 кэВ, приписанные ранее распаду ^{164}Yb , надежно отнесены к распаду ^{167}Lu , ^{165}Yb и ^{162}Yb . С другой стороны, переходы 695,24 и 928,70 кэВ, приписанные ранее распаду ^{164}Tm , отнесены к распаду ^{164}Yb . Более точное определение интенсивностей γ -переходов и ЭВК привело нас к изменению мультипольностей γ -переходов 37,57, 154,18; 164,45; 187,8; 415,79 и 589,12 кэВ, по сравнению с ранее опубликованными данными других авторов.

Впервые исследованы спектры $\gamma\gamma$ -совпадений в распаде ^{164}Yb . Сравнены экспериментальные и рассчитанные по предлагаемой схеме распада ^{164}Yb интенсивности $\gamma\gamma$ -совпадений.

Впервые построена схема распада ^{164}Yb . Она содержит 18 уровней. Суммарная интенсивность γ -переходов, размещенных в схеме распада, составляет менее 1% распадов ^{164}Yb (рис. 2).

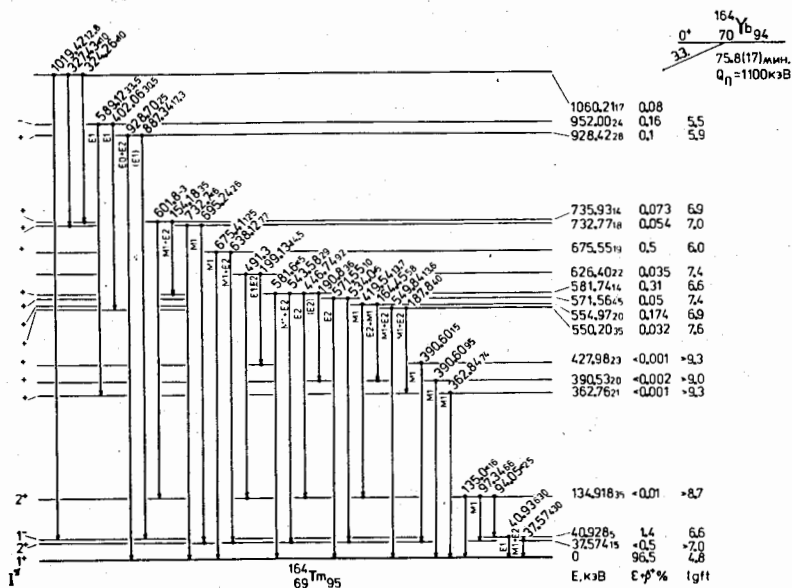


Рис. 2.

Третья глава посвящена анализу схем уровней $n-n$ деформированных ядер $^{160,162,164}\text{Tm}$ и обсуждению их свойств путем сравнения экспериментальных данных и результатов проведенных модельных расчетов.

В начале третьей главы описана модель $n-n$ деформированного ядра - "две частицы + ротатор" - с учетом взаимодействия Кориолиса. Приведено описание программы вычисления энергий, волновых функций состояний и приведенных вероятностей $E1, E2$ и $M1$ -переходов, базирующихся на указанной модели. Чтобы учесть взаимодействие Кориолиса, программой конструируется и диагонализирована матрица полного гамильтониана. Используется метод Якоби для нахождения собственных значений и функций для всех требуемых значений спина. Одновременно оптимизируются все свободные параметры (энергии головных уровней и параметры инерции ротационных полос и факторы ослабления матричных элементов \hat{J}^+ операторов) методом наименьших квадратов, чтобы достичь наилучшего согла-

сия расчетных и экспериментальных энергий состояний. При помощи таким способом найденных амплитуд смешивания программой вычисляются $E1, E2$ и $M1$ приведенные вероятности заданных γ -переходов.

Приведен анализ экспериментальных сведений о состояниях и вероятностях переходов в $^{160,162,164}\text{Tm}$. Отмечено необычное ускорение f -запрещенных $E1$ -переходов в $^{160,162}\text{Tm}$ между состоянием $7/2 [523]_p - 3/2 [523]_n$ и первым возбужденным и основным состояниями. Показано, что кроме ранее предложенных интерпретаций низколежащих уровней в этих ядрах, существуют еще другие возможные варианты, в том числе нарушающие правило Галлахера-Мошковского.

Дана общая схема проведенных расчетов. В качестве базиса избраны 14 неротационных состояний вплоть до значения спина $I = 2$ и энергии $E \leq 500$ кэВ. Подгонка энергий уровней и расчет приведенных вероятностей γ -переходов выполнены для всех вариантов интерпретаций. Использованы одночастичные и одноквазичастичные матричные элементы нужных операторов. Обсуждено влияние разных значений эффективных зарядов и гиромагнитных факторов на теоретические значения $E1, E2$ и $M1$ -вероятностей изучаемых γ -переходов.

Достигнуто хорошее согласие рассчитанных значений энергий уровней и приведенных вероятностей большинства $E1, E2$ и $M1$ γ -переходов между низколежащими состояниями с соответствующими экспериментальными значениями в $^{160,162,164}\text{Tm}$ для разных интерпретаций уровней.

Показано, что взаимодействие Кориолиса и особое расположение неротационных состояний базиса в энергетической шкале в $^{160,162}\text{Tm}$ позволяет достигнуть согласия расчетных и экспериментальных значений приведенных вероятностей $E2$ и $M1$ -компонентов перехода с первого возбужденного на основное состояние независимо от того, является ли этот переход внутриволосным ротационным или неротационным.

Сделан вывод о том, что в рамках использованной модели несогласие расчетных и экспериментальных значений приведенных вероятностей f -запрещенных $E1$ переходов в $^{160,162}\text{Tm}$ нельзя объяснить октапольными и дипольными фононными примесями в волновых функциях соответствующих состояний: октапольные примеси не дают вклада в силу правил отбора, дипольные ничтожно малы для низколежащих состояний. Показано, что наилучшее согласие с экспериментальными данными достигается в рамках интерпретации, в которой основным состоянием $^{160,162}\text{Tm}$ приписывается конфигурация $1^+ 5/2 [402]_p - 3/2 [521]_n$, нарушающая правило Галлахера-Мошковского (рис. 3). Получены сведения о важной роли np -взаимодействия в $^{160,162}\text{Tm}$ для понимания f -запрещенных переходов.

6. Hons Z., Kvasil J. A program for calculation of the Coriolis effect in odd-odd nuclei. Comp. Phys. Comm. 1981, 24, p.161.
7. Hons Z., Kvasil J. A program for calculation of the E1, E2 and M1 transition probabilities in odd-odd nuclei taking the Coriolis mixing into account. JINR, E4-82-726, Dubna, 1982.
8. Hons Z., Kvasil J. Possible violation of the Gallagher-Moszkowski rule in the $^{160,162}\text{Tm}$ isotopes. JINR, E4-83-103, Dubna, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 мая 1983 года.