

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3 - 232

15-83-675

УДК 539.17.03

Залесный

Георгий Николаевич

ГИГАНТСКИЙ ДИПОЛЬНЫЙ РЕЗОНАНС
И ФОРМА ЯДЕР ПЕРЕХОДНОГО РАЙОНА $A \sim 190$

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 Научно-исследовательском институте механики и физики Саратовского государственного университета им. Н.Г.Чернышевского

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Ю. П. ПОПОВ

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Б. С. РАТНЕР

Ведущая организация: Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского Государственного университета им. М.В.Ломоносова.

Защита состоится " 5 " апреля 1988 года в 11 30 часов на заседании специализированного совета Д 047.01.05 при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований, Дубна Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан " 24 " 02 1988 года.

Ученый секретарь
специализированного совета

Ю. В. ТАРАН

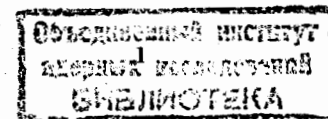
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последнее десятилетие проводятся интенсивные теоретические и экспериментальные исследования свойств мультитипольных гигантских резонансов. Исследование этих высоколежащих состояний важно с точки зрения понимания природы коллективных ядерных возбуждений. Объектом исследования настоящей диссертации являются сечения фотопоглощения для ядер переходной области $A \sim 190$. Определяющую роль в формировании сечения поглощения γ -квантов ядрами в области энергий 10 - 20 МэВ играет изовекторный E1 - резонанс - гигантский дипольный резонанс (ГДР).

Существование ГДР было предсказано Мигдалом еще до его экспериментального обнаружения на основе полуклассического представления о ядре как о совокупности взаимопроникающих протонной и нейтронной жидкостей. В последнее время достигнуты значительные успехи в описании свойств ГДР в полумикроскопической квазичастично-фононной модели ядра, развитой Соловьевым и сотрудниками в ОИЯИ. В рамках этого подхода были проделаны расчеты свойств ГДР как для сферических, так и для деформированных четно-четных ядер. Интенсивно развивается в настоящее время и подход правил сумм RPA. Он позволяет получать аналитические оценки положений центров тяжести различных групп состояний ГДР.

Несмотря на многолетнюю историю экспериментального изучения ГДР, данные по сечениям фотопоглощения для ряда интересных областей ядер носят фрагментарный характер. В первую очередь это относится к ядрам переходных областей. Наиболее полно исследованы свойства ГДР для переходной области $A \sim 150$. Первые систематические измерения сечений фотопоглощения были проведены в СИУ в 1968-70 гг., измерены сечения для изотопов Nd , Sm и Gd . В дальнейшем результаты для последовательностей изотопов Nd и Sm были уточнены в Сакле.

Для переходного района $A \sim 190$ к моменту начала нашей работы



данные по сечениям фотопоглощения практически отсутствовали. Этот район включает в себя изотопы W , Os , Pt и Hg , расположенные между хорошо деформированными ядрами редкоземельных элементов и сферическими ядрами в районе дважды магического ^{208}Pb . Целый ряд специфических особенностей спектров этих ядер в течение длительного времени привлекает к району $A \sim 190$ внимание экспериментаторов и теоретиков. Вращательные полосы, построенные на состояниях коллективной природы, встречаются во всех ядрах переходного района. Спектры ираст-уровней по виду ближе к спектрам деформированных ядер, чем к сферическим. На фоне довольно плавного уменьшения величины квадрупольной деформации с ростом A происходит скачкообразное изменение деформации от вытянутой к сплюснутой форме. Важную роль играет гексадекапольная компонента деформации. Результаты экспериментов по рассеянию адронов указывают на существование различий в параметрах распределений протонов и нейтронов для ядер этого района. Таким образом, расширение области исследований свойств ГДР на район переходных ядер $A \sim 190$ представляется весьма актуальным.

Цель работы: систематическое экспериментальное исследование сечений фотопоглощения в области ЕI-резонанса для ядер переходного района $A \sim 190$. При этом решались следующие задачи:

1. Получить достаточное количество надежных экспериментальных данных по сечениям фотопоглощения для ряда изотопов элементов переходной области.
2. Проследить эволюцию вида сечения ГДР и ее корреляцию с изменением свойств низкоэнергетических коллективных состояний, которые, как известно из спектроскопических данных, претерпевают для ядер этого района существенные изменения с ростом A .
3. Установить степень применимости различных теоретических подходов, в том числе и микроскопических, для описания свойств ГДР переходных ядер и углубить наше понимание механизма ГДР.
4. Получить сведения о форме ядер переходного района $A \sim 190$ из анализа вида сечений фотопоглощения, а также из сравнения полученных величин параметра квадрупольной деформации $\beta_2^{фЯ}$ с данными других источников.

Для улучшения точности измерения сечений потребовалось принципиально усовершенствовать используемую аппаратуру и методику измерений, а также провести дополнительные измерения множественности фотонейтронов.

Научная новизна и практическая ценность работы. В данной работе впервые измерены сечения фотопоглощения для изотопов ^{183}W ,

$^{185,187}Re$, $^{187,190}Os$, $^{191,193}Ir$ и $^{194,195,196,198}Pt$, причем измерения для изотопов $^{182,183,184}W$, ^{187}Os и $^{194,196,198}Pt$ впервые проведены с экспериментальным разделением вклада (γ, n) и ($\gamma, 2n$) реакций. Впервые прослежена эволюция вида сечений ГДР в переходной области ядер $A \sim 190$. Найдено, что для них характерна форма сечения фотопоглощения с уширенным высокоэнергетическим максимумом. Это указывает на важность учета γ -степени свободы для объяснения свойств ядер этого района. С помощью полученных результатов удалось проверить справедливость теоретических расчетов сечений ГДР в рамках квазичастично-фонной модели ядра и в феноменологическом подходе ДКМ, а также продемонстрировать важность учета "распадных" свойств состояний ГДР. Анализ полученных сечений позволил определить "фотоядерные" значения параметра квадрупольной деформации ядер и характер изменения деформации в районе $A \sim 190$. Проведенный анализ не подтверждает преобладания сплюснутых деформаций для ядер $A > 190$.

Полученные экспериментальные данные о характеристиках ЕI-резонанса могут быть использованы при изучении гигантских резонансов других мультипольностей для учета вклада ГДР в полное сечение.

В ходе работы усовершенствована методика измерений на пучках тормозного излучения, что позволило получать сечения фотопоглощения в области ГДР, сравнимые по качеству с измерениями на пучках квазимонохроматических фотонов, при значительно меньших материальных затратах.

Измеренные сечения фотопоглощения представляют также непосредственную практическую ценность — они могут быть использованы для разработки методик γ -активационного анализа, расчета защит различных объектов от потоков тормозного излучения и стойкости конструкционных материалов в полях излучения. Цифровые экспериментальные данные переданы в "Центр данных фотоядерных экспериментов" при НИИЯФ МГУ.

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертации докладывались на XXIII, XXVIII Всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, а также представлялись на Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра (Дубна, 1976 г.) и I Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований в ядерной физике (Киев, 1976 г.). Основное содержание работы изложено в публикациях /I - II/.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и приложения. Объем работы – 156 страниц текста, 19 таблиц и 40 рисунков. Список литературы включает 153 наименования.

На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Разработана и изготовлена аппаратура для измерения кривых выхода и множественности фотонейтронов, работающая на линии с ЭВМ "Одра-1013". Усовершенствована методика измерений на пучках тормозного излучения. Это позволило получить сечения фотопоглощения в области ГДР, сравнимые по качеству с измеряемыми на пучках квазимонохроматических фотонов, при значительно меньших материальных затратах.

2. Создано математическое обеспечение фотоядерного эксперимента, а также пакет программ диалоговой системы предварительной обработки данных на ЭВМ типа PDP – 8.

3. Измерены сечения фотопоглощения в диапазоне энергий $7 \text{ МэВ} \leq E_\gamma \leq 22 \text{ МэВ}$ с экспериментальным разделением вклада (γ, n) и $(\gamma, 2n)$ реакций для изотопов $^{182}, ^{183}, ^{184}, ^{186} W$, $^{187} Os$ и $^{194}, ^{196}, ^{198} Pt$, а также сечения фотопоглощения для $^{185}, ^{187} Re$, $^{190} Os$, $^{191}, ^{193} Ir$ и $^{195} Pt$.

4. Измерены кривые множественности фотонейтронов для изотопов $^{181} Ta$, $^{182}, ^{183}, ^{184}, ^{186} W$, $^{187} Os$ и $^{194}, ^{196}, ^{198} Pt$ и проведен их анализ с точки зрения применимости статистической теории ядерных реакций.

5. Получены величины интегральных сечений σ_0 , моментов σ_{-1} , σ_{-2} сечений фотопоглощения, средних энергий ГДР, а также параметров квадрупольной деформации исследуемых ядер переходного района $A \sim 190$.

6. Найдено, что для ядер переходного района $A \sim 190$ характерна форма сечений с уширенным высокоэнергетическим максимумом, причем основные изменения с ростом A также происходят в области этого максимума. Последнее обстоятельство указывает на важность учета γ – степени свободы для описания ГДР этих ядер.

7. Проведен анализ результатов аппроксимации сечений фотопоглощения суммой резонансных кривых с различным соотношением площадей, а также результатов сравнения величин β_2^{GJ} с величинами β_2^{CE} , полученными из экспериментов по кулоновскому возбуждению. В рамках такого анализа не подтверждается наличия сплюснутой деформации у изотопов Ir и Pt .

8. Проведено сравнение экспериментальных сечений фотопоглоще-

ния с предсказаниями квазичастично-фононной модели для изотопов W и Os , а также с расчетами в феноменологическом подходе ДКМ для изотопов W , Os и Pt . Показано, что для получения согласия экспериментальных и теоретических кривых сечения необходимо учитывать особенности распада состояния ГДР.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность работы, сформулирована ее цель, кратко изложено содержание диссертации и приведены основные положения, вынесенные на защиту.

Первая глава представляет собой обзор экспериментальной информации о форме ядер переходного района $A \sim 190$ и ее эволюции с ростом A . Приведены спектроскопические данные об энергиях низлежащих коллективных состояний и о величинах матричных элементов электромагнитных переходов между ними для рассматриваемых ядер. Показано, что существующие теории связывают эволюцию спектров для последовательностей изотопов W , Os , Pt и Hg с изменением формы ядер, причем существенную роль в данном случае играют γ – степень свободы и учет гексадекапольной компоненты деформации.

Теоретические расчеты предсказывают переход от вытянутой деформации ядра к сплюснутой в районе $A \sim 190$. Этот вывод подтверждается измерениями величин квадрупольных моментов состояний 2_1^+ . Систематизированы имеющиеся в литературе соотношения, связывающие величину расщепления ГДР со значениями параметров деформации ядра. Рассмотрены экспериментальные результаты по деформационному расщеплению сечений ГДР для хорошо деформированных ядер $A = 150 \div 180$. Показано, что величина отношения площадей резонансов с $K^\pi = 0^-$ и 1^- вычисляется из экспериментальных данных с большими погрешностями, определяемыми как статистической точностью кривой сечения, так и систематическими факторами. Значительно надежнее из экспериментальных данных определяется отношение энергий этих двух резонансов. В главе также рассмотрены результаты измерений параметров деформации β_1 в экспериментах по рассеянию различных частиц на ядрах переходного района $A \sim 190$. Сравнение результатов, полученных в экспериментах по кулоновскому возбуждению ядер, с данными по рассеянию адронов, по-видимому, указывает на существование различий в форме распределения протонов и нейтронов для ядер этого района.

Во второй главе описана аппаратура и методика проведения исследований (γ, n) и ($\gamma, 2n$) реакций на пучке тормозного излучения бетатрона СИУ. Проведение подобных исследований связано со значительными экспериментальными трудностями, которые в основном обусловлены непрерывным характером спектра тормозного излучения. При этом экспериментально измеряется выход фотонейтронов из образца как функция граничной энергии спектра γ - квантов:

$$Y(E_{\gamma \max}^i) = d \int_{E_{th}}^{E_{\gamma \max}^i} W(E_{\gamma \max}^i, E) \sigma_{\text{exp}}(E) dE \cdot \varepsilon^{-1}(E_{\gamma \max}^i) D^{-1}(E_{\gamma \max}^i),$$

где $W(E_{\gamma}^i, E)$ - спектр тормозного излучения;
 $D(E_{\gamma \max}^i)$ - функция, определяющая зависимость интенсивности пучка излучения от $E_{\gamma \max}^i$ с учетом чувствительности используемого дозиметра;

$\varepsilon(E_{\gamma \max}^i)$ - эффективность регистрации фотонейтронов;
 d - число ядер мишени.

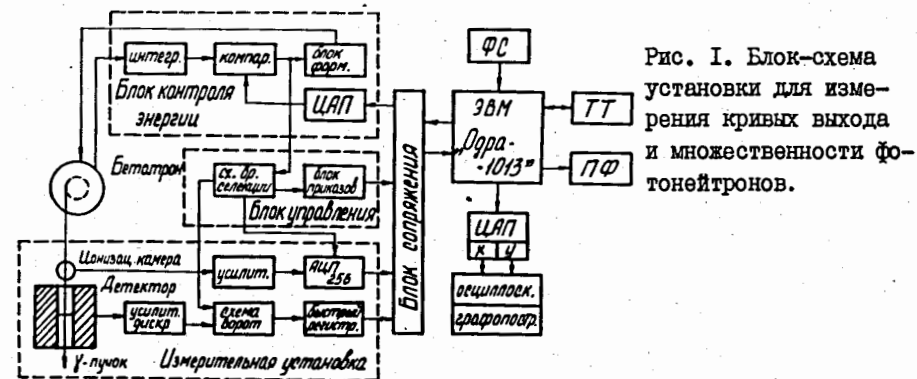
Нахождение сечений из измеренной кривой выхода - типичная обратная задача, относящаяся к классу некорректно поставленных задач, что накладывает высокие требования на объем необходимой статистики ($\delta Y \approx \approx 0,1\%$ для верхних энергий). Кроме того, выше порога ($\gamma, 2n$) реакции измеренный выход имеет вид

$$Y_{\text{эксп.}}(E_{\gamma \max}^i) = Y_{\gamma, n}(E_{\gamma \max}^i) + 2Y_{\gamma, 2n}(E_{\gamma \max}^i).$$

Для разделения вкладов парциальных реакций необходимо проводить дополнительные измерения.

Для измерения кривых выхода фотонейтронов с экспериментальным разделением вкладов (γ, n) и ($\gamma, 2n$) реакций в СИУ с участием автора была разработана и изготовлена аппаратура, работающая в режиме он-лайн с ЭВМ "Одра-1013" (впоследствии заменена на более быстродействующую "Саратов-2"). Блок-схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Использование ЭВМ позволило существенно улучшить качество получаемых данных за счет применения оперативного контроля за характером поступающей информации и работой экспериментальной установки.

Экспериментальное разделение выходов (γ, n) и ($\gamma, 2n$) реакций производилось при помощи статистического метода анализа моментов распределения числа зарегистрированных фотонейтронов. Был разработан ряд усовершенствований методики измерений на пучке тормозного излучения:



1. Измерение функции $D(E_{\gamma \max}^i)$ проводилось в режиме сканирования по энергии ускоренных электронов, что позволило достигнуть точности, сравнимой с точностью кривой выхода фотонейтронов.

2. Сканирование при измерении кривой выхода фотонейтронов производилось таким образом, чтобы увеличить время измерения для интервалов энергии, представляющих наибольший интерес.

3. Впервые в измерениях на пучках тормозного излучения применен метод "кольцевых" отношений для учета влияния зависимости эффективности регистрации фотонейтронов от их энергии.

4. Пристальное внимание уделялось: а) линейности энергетической градуировки и проверке ее долговременной стабильности; б) внесению поправок на просчеты регистрирующей аппаратуры; в) корректному учету фона и т.д.

Все эти усовершенствования позволили получать сечения фотопоглощения в районе ГДР, сравнимые по качеству с измерениями на пучках квазимонохроматических γ - квантов, при меньших материальных затратах. В качестве примера на рис. 2 приведены сечения фотопоглощения (γ, n) и ($\gamma, 2n$) реакций для ^{181}Ta (контрольные измерения группы Сакле (крестики).

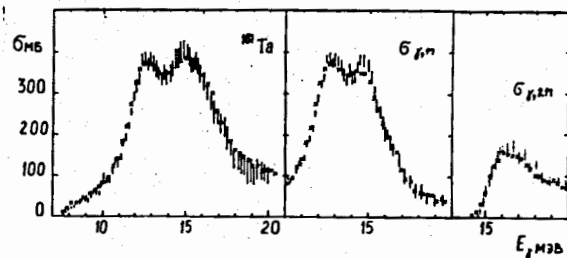


Рис. 2. Сравнение полученных в данной работе сечений фотопоглощения (γ, n) и ($\gamma, 2n$) реакций для ^{181}Ta с результатами группы Сакле (крестики).

ния). Там же для сравнения даны результаты измерений группы Сакле, применяющей квазимонохроматический пучок γ - квантов. Во второй главе также сравниваются результаты расчета сечений из кривых выхода, сделанные различными методами. Показано, что при согласовании шага расчета со статистической точностью кривой выхода метод Пенфольда-Лейса дает вполне приемлемые результаты.

В третьей главе описано математическое обеспечение, разработанное для проведения экспериментов по определению сечений фотопоглощения на линии с ЭВМ. В его состав входят программы, работающие в реальном масштабе времени и обеспечивающие непосредственно проведение эксперимента, а также пакет программ, работающих в режиме диалога "человек-ЭВМ" и служащих для экспресс-обработки результатов измерений. Основное требование к программам первой группы - максимальное быстродействие, поэтому они написаны в кодах, используемых ЭВМ

"Одра-1013", "Саратов-2", и в них используются арифметические операции с фиксированной запятой. Обмен информацией между ЭВМ и измерительной аппаратурой происходит по программно-управляемому каналу. Используется язык директив, задаваемых экспериментатором на блоке управления. После получения разрешения на обмен интерпретатор расшифровывает содержание директивы и передает управление в СП (совокупность программ), реализующую данную директиву. Примеры СП:

1) СП₀ - программа установки начального состояния внешних регистров, а также областей памяти ЭВМ, отведенных под накопление информации;

2) СП₁ - программа измерения кривой выхода с анализом множественности фотонейтронов и демонстрацией результатов на дисплее (рис. 3);

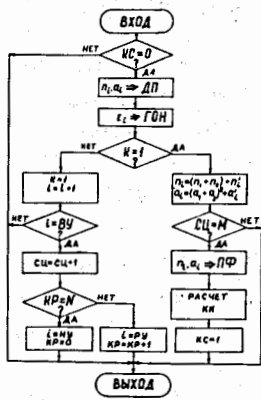


Рис. 3. Блок-схема программы СП₁.

3) СП₂ - программа измерения зависимости интенсивности пучка γ - квантов от энергии и др.

Задачи обработки результатов эксперимента характеризуются тем, что не всегда заранее полностью определен алгоритм их решения. Наиболее эффективно в этом случае взаимодействие экспериментатора и ЭВМ можно осуществить при работе в диалоговом режиме, причем с возможностью графического представления данных. С этой целью был разработан пакет прикладных программ, ориентированных на решение задач обработки многоканальной эксперимен-

тальной информации. Значительно сократить объем диалога позволило введение векторных операций. Из аппаратных средств диалога используется: электрическая пишущая машинка (ЭПМ) "Consul", графический дисплей, набор константонабирателей и функциональных кнопок. Задание вводится в виде директивы с параметрами с ЭВМ. Система может работать как в режиме исполнения отдельных директив, так и групп директив, находящихся в памяти ЭВМ, что позволяет производить обработку по сложившимся алгоритмам. Разработанный пакет программ позволяет существенно повысить оперативность обработки экспериментальной информации в случае, когда объем обработки доступен для мини-ЭВМ. Структура пакета дает возможность производить его дальнейшее расширение без изменения части, написанной ранее.

С использованием описанного пакета были составлены программы предварительной статистической обработки накопленной фотоядерной информации, расчет приведенных кривых выхода, расчет кривых фотонейтронных сечений методом Пенфольда-Лейса и т.д.

В четвертой главе рассмотрены конкретные условия и результаты измерений кривых выхода и множественности фотонейтронов для исследованных изотопов.

Измерения проводились на пучке тормозного излучения (25 МэВ) бета-тронна СГУ в диапазоне энергий 7 - 22 МэВ. Использовались изотопно обогатленные мишени. По измеренным кривым множественности фотонейтронов определены параметры соотношения статистической теории ядерных реакций, описывающего вклад ($\gamma, 2n$) реакции в полное сечение, что позволило внести экспериментальную поправку для получения сечения фотопоглощения выше порога ($\gamma, 2n$) реакции. Показано, что для получения параметра плотности уровней, совпадающего с результатами "нефотоядерных" измерений, необходимо предполагать, что $\sim 30\%$ реакций идет не через стадию составного ядра. Расчет сечений фотопоглощения производился методом Пенфольда-Лейса с шагом 1 МэВ без применения каких-либо операций сглаживания (кроме ^{185,187}Re и ¹⁹⁰Os). Полученные сечения фотопоглощения приведены на рис. 4. Видно, что сечения фотопоглощения для изотопов W и ¹⁸¹Ta, находящихся на ротационном конце переходного района A ~ 190 , расщеплены на два максимума. Для тяжелых изотопов Pt сечения представляют собой один максимум, который следует ожидать для вибрационных ядер. Между этими границами происходит довольно плавное изменение вида сечения: максимумы сближаются, причем высокоэнергетический максимум постепенно уширяется.

Таким образом, поведение сечений отличается от известного для ядер переходного района A ~ 150 . Это различие можно объяснить в рамках модели взаимодействия дипольных и квадрупольных степеней

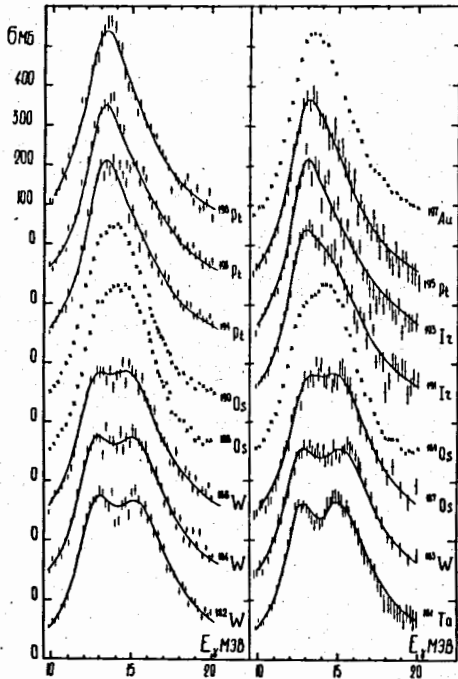


Рис. 4. Сечения фотопоглощения для ядер переходного района A ~ 190.

свободн. Оно связано с тем, что для ядер области A ~ 190 важную роль играет γ - степень свободы, в то время как для района A ~ 150 наблюдается мягкость к β - колебаниям поверхности ядра. Сравнение поведения сечений для четных и нечетных изотопов показывает, что добавление одного нуклона мало изменяет свойства ядер этого района.

Сравнение с результатами других авторов демонстрирует хорошее согласие наших сечений с известными из литературы. Сечения фотопоглощения для изотопов 183 W, 185, 187 Re, 187, 190 Os, 191, 193 Ir, 194, 195, 196, 198 Pt измерены нами впервые. Значения интегральных сечений и моментов σ_1 и σ_2 приведены в таблице I.

Среднее значение интегрального сечения от порога (γ, n) реакции до 20 МэВ составляет для исследованных ядер $1,036 \pm 0,010$ в единицах $60NZ/A$. Этот результат согласуется с результатами измерений на пучках квазимонохроматических γ - квантов; так, в случае изотопов Os группа Ливерморской лаборатории получила $1,016 \pm 0,039$.

В главе также рассмотрено влияние выбора вида аппроксимирующей функции и диапазона аппроксимации на значения получаемых при этом параметров. Для вычисления средней энергии EI-резонанса в случае деформированных ядер предложена формула

$$E_m = (E_{m_1} + RE_{m_2}) / (R + 1),$$

где R - отношение площадей аппроксимирующих кривых.

| Ядро | σ_0 (МэВ·мб) | $\frac{\sigma_0}{60NZ/A}$ | σ_{int}^L (МэВ·мб) | $\frac{\sigma_{int}^L}{60NZ/A}$ | $\frac{\sigma_{int}(\pi, 2\pi)}{\sigma_0}$ | σ_1 (мб) | σ_2 (мб / МэВ) |
|--------|------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|--|--------------------|--------------------------|
| 181 Ta | 2765(53) | 1,058 | 3481 | 1,33 | 0,29 | 195(3) | 14,23(30) |
| 182 W | 2816(27) | 1,069 | 3668 | 1,39 | 0,22 | 199(2) | 14,57(14) |
| 183 W | 2684(50) | 1,014 | 3447 | 1,30 | 0,26 | 193(3) | 14,52(28) |
| 184 W | 2902(28) | 1,093 | 3747 | 1,41 | 0,33 | 207(15) | 15,40(15) |
| 186 W | 2930(26) | 1,095 | 3775 | 1,41 | 0,38 | 210(2) | 15,74(14) |
| 187 Os | 2786(55) | 1,030 | 3512 | 1,30 | 0,22 | 199(3) | 14,75(27) |
| 191 Ir | 2757(63) | 0,999 | 3741 | 1,36 | - | 199(3) | 14,85(25) |
| 193 Ir | 2835(57) | 1,021 | 3899 | 1,40 | - | 205(2) | 15,33(20) |
| 194 Pt | 2861(27) | 1,022 | 3759 | 1,34 | 0,21 | 210(2) | 15,35(14) |
| 195 Pt | 2797(65) | 0,996 | 3766 | 1,34 | - | 204(3) | 15,39(22) |
| 196 Pt | 2944(21) | 1,045 | 3883 | 1,38 | 0,25 | 213(2) | 15,96(11) |
| 198 Pt | 2813(32) | 0,992 | 3841 | 1,35 | 0,31 | 236(2) | 15,43(18) |

В пятой главе анализируются измеренные сечения фотопоглощения с целью получения сведений о форме ядер переходного района A ~ 190.

Экспериментальные сечения фотопоглощения аппроксимировались суммой резонансных кривых для проверки следующих гипотез о форме ядра:

- 0 гипотеза - сечение описывается суммой двух кривых с произвольным соотношением площадей $R \sim$ (деформированное, аксиально-симметричное ядро),
- 1 гипотеза - то же, $R = 2$ (вытянутая деформация),
- 2 гипотеза - то же, $R = 0,5$ (сплюснутая деформация),
- 3 гипотеза - сечение описывается одной кривой ("сферическое" ядро),
- 4 гипотеза - сечение описывается суммой трех кривых с одинаковыми площадями (неаксиальное ядро).

Анализ результатов аппроксимации сечений фотопоглощения суммой резонансных кривых дает следующие результаты:

I. Описание сечения одной резонансной кривой ("сферическое" ядро) возможно только в случае ¹⁹⁸Pt (см. рис. 5).

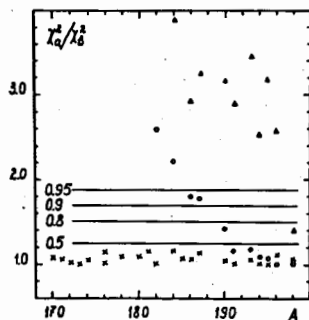


Рис. 5. Отношения χ^2 проверяемых гипотез о виде сечения фотопоглощения. Треугольники — χ_3^2/χ_0^2 , крестики — χ_1^2/χ_0^2 , кружочки — χ_2^2/χ_0^2 . Сплошные линии — уровни значимости F -критерия.

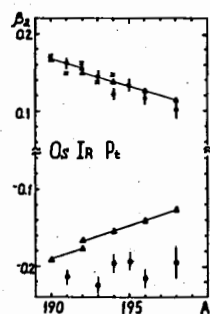


Рис. 6. Сравнение величин $\beta_2^{\text{ФЯ}}$ (точки, кружочки) со значениями $\beta_2^{\text{СЭ}}$ (треугольники, крестики) для случаев $\beta_2 > 0$ и $\beta_2 < 0$.

- Использование для аппроксимации суммы трех резонансных кривых одинаковой площади не дает значимого улучшения описания сечений по сравнению со случаем двух резонансов.
- Величина отношения площадей резонансных кривых с $K^{\pi} = 1^-$ и 0^- определяется из данных с большой статистической ошибкой и не позволяет сделать заключений о виде деформации исследуемых ядер.
- Аппроксимация сечений с фиксированным отношением площадей $R = 2$ для всего района ядер значимо не отличается от случая аппроксимации без этого ограничения (см. рис. 5).
- Аппроксимация с фиксированными отношениями площадей $R = 2$ и $R = 0,5$ показывает, что для ядер $A < 190$ преобладают вытянутые деформации, а для ядер $A > 190$ положение неопределенное.
- Сравнение параметров деформации $\beta_2^{\text{ФЯ}}$, вычисленных по значениям параметра K , полученным при аппроксимациях с ограничениями $R = 2$ и $R = 0,5$, с данными, известными из экспериментов по кулоновскому возбуждению ядер $\beta_2^{\text{СЭ}}$, показывает, что согласие наблюдается только для случая $R = 2$ (см. рис. 6). Показано, что последний результат не чувствителен к учету вклада неаксиальной деформации, а также к наличию гексадекапольной деформации.

Таким образом, в рамках проведенного анализа экспериментальных данных по сечениям фотопоглощения не подтверждается наличие у исследованных изотопов Ir и Pt сплюснутой деформации. Одним из возможных путей объяснения этого результата может быть предположение о различии форм распределений протонов и нейтронов для ядер $A > 190$.

Как известно, величины $\beta_2^{\text{СЭ}}$ характеризуют распределение протонов в ядрах, а $\beta_2^{\text{ФЯ}}$ чувствительны к распределению всего вещества ядра. Изменение формы ядер для переходного района $A \sim 190$ можно представить следующим образом: при переходе от $Z = 76$ к $Z = 78$ происходит изменение формы от вытянутой к сплюснутой только для распределения протонов, что сопровождается изменением электромагнитных характеристик ядра q_2^+ , $M_{22}^+ 0_1^+$ и т.д. Распределение нейтронов сохраняет при этом вытянутую форму, по крайней мере для изотопов Pt .

В пятой главе рассмотрен также вопрос надежности получаемых величин $\beta_2^{\text{ФЯ}}$. Показано, что величина $K = \frac{E_1}{E_{11}}$, которая используется для вычисления $\beta_2^{\text{ФЯ}}$, слабо зависит от особенностей обработки данных и определяется с точностью $\delta K \leq 0,5\%$ для хорошо деформированных ядер и $\delta K = 1,5 - 2\%$ для ядер конца переходного района (при пересчете в β_2 это соответствует точности 2 - 10%). Что касается модельной зависимости величин $\beta_2^{\text{ФЯ}}$, то ее удается учесть, если использовать один и тот же вид распределения плотности (прямоугольное, фермиевское) как при нахождении $\beta_2^{\text{СЭ}}$, так и при вычислениях $\beta_2^{\text{ФЯ}}$.

В шестой главе проводится сравнение измеренных сечений фотопоглощения с результатами расчетов по квазичастично-фононной модели (КЧФМ), а также с расчетами по динамической коллективной модели (ДКМ).

Как известно, в рамках ДКМ предсказывается существование корреляции между свойствами низкоэнергетических коллективных состояний ядра и видом сечения фотопоглощения в районе ГДР. Нами были проделаны расчеты сечений фотопоглощения в рамках ДКМ для изотопов W , Os и Pt с использованием экспериментальных значений энергий и матричных элементов квадрупольных переходов между низкоэнергетическими коллективными состояниями ядра. Учитывались состояния 0_2^+ , 2_2^+ и 2_1^+ для изотопов всех элементов и, кроме того, состояния 0_2^+ , 2_2^+ для изотопов W . Сравнение полученных результатов для изотопов Os с результатами других расчетов показывает, что проделанные нами расчеты воспроизводят основные черты поведения сечений фотопоглощения, рассчитанных с более полным базисом. Сравнение экспериментальных сечений с результатами расчетов в рамках ДКМ для изотопов W показывает, что получить количественное согласие удастся только в случае, если учесть зависимость Γ^+ от энергии возбуждения (см. рис. 7). Найдено, что наилучшее согласие достигается в случае $\Gamma^+ = 0,023 \times E^{1,9}$ (МэВ). Таким образом, вид огибающей кривой сечения определяется не только распределением сил переходов по "входным" состояниям, но и "распадными" свойствами дипольных состояний.

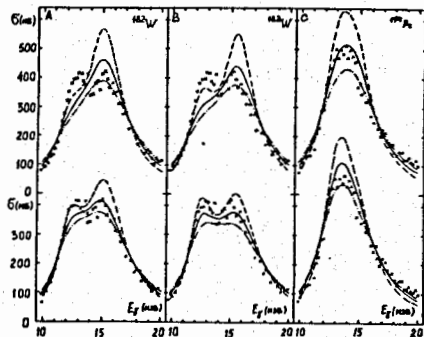


Рис. 7. Влияние ширины дипольных состояний на вид кривой сечения, получаемой в расчетах по ДКМ. В верхнем ряду $\Gamma_i \approx C$ (пунктир - 3 МэВ, сплошная линия - 4 МэВ, штрих-пунктир - 5 МэВ). В нижнем ряду $\Gamma_i = 0,021, 0,026, 0,031$ (пунктир - 0,021, сплошная линия - 0,026, штриховая - 0,031).

Интегральные характеристики сечений фотопоглощения, вычисленные в рамках КЧМ, сравниваются с экспериментальными результатами в таблице 2. Видно, что теория хорошо воспроизводит интегральные сечения, область локализации Е1-резонанса и расщепление резонанса на два максимума, связанное с деформацией ядра. На рис. 8 результаты расчетов по КЧМ сравниваются с экспериментальными сечениями для переходных ядер W и Os . Это дает возможность оценить роль

Таблица 2. Теоретические и экспериментальные интегральные характеристики сечений

| Ядро | | 182_W | 184_W | 186_W | $187_{Os}^a)$ |
|---|-------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| σ_{int} (МэВ*б) | эксп. | 2,82(3) | 2,90(3) | 2,93(3) | 2,79(6) |
| | теор. | 2,46 | 2,47 | 2,63 | 2,75 |
| $\frac{\sigma_{int}^{K=1^-}}{\sigma_{int}^{K=0^-}}$ | эксп. | 2,5(6) | 4,2(1.2) | 4,5(1.7) | 1,9(1.1) |
| | теор. | 2,53 | 2,51 | 2,50 | 2,45 |
| $\bar{E}_{K=0^-}$ (МэВ) | эксп. | 12,60(6) | 12,42(8) | 12,47(10) | 12,93(8) |
| | теор. | 12,4 | 12,3 | 12,3 | 12,4 |
| $\bar{E}_{K=1^-}$ (МэВ) | эксп. | 15,36(15) | 14,98(15) | 14,82(16) | 15,3(2) |
| | теор. | 14,8 | 14,9 | 14,9 | 15,0 |
| ΔE (МэВ) | эксп. | 2,76 | 2,56 | 2,35 | 2,37 |
| | теор. | 2,4 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| $\beta_2; \beta_4$ | эксп. | 0,25; 0 | 0,24; 0 | 0,23; 0 | 0,20; 0 |
| | эксп. | 0,27; -0,08 | 0,26; -0,09 | 0,24; -0,09 | 0,21; -0,08 |

Примечание: а) Теоретические результаты для 188_{Os} .

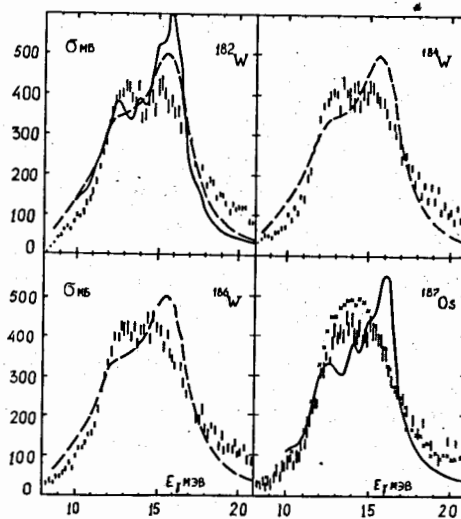


Рис. 8. Сравнение экспериментальных сечений фотопоглощения с расчетами по квазичастично-фононной модели ядра. Сплошная линия - $\Delta = 0,8$ МэВ, а штриховая - $\Delta = 1,5$ МэВ.

В заключении кратко перечислены основные результаты проделанной работы.

В приложении проведена систематизация имеющихся в литературе экспериментальных данных по величинам матричных элементов Е2- и Е4-переходов в основной полосе четно-четных ядер района $A = 160 - 200$. Получено соотношение между величиной приведенного матричного элемента Е2-перехода и функцией распределения плотности заряда ядра для неаксиального случая:

$$\langle 2^+ \Pi \Pi(E2) \Pi 0^+ \rangle = \int r^2 \rho(r, \theta, \varphi) \left(A_{20}^0 Y_{20}(\theta) + \frac{A_{22}^0}{\sqrt{2}} [Y_{22}(\theta, \varphi) + Y_{2-2}(\theta, \varphi)] \right) dV,$$

где A_{20}^0 и A_{22}^0 - коэффициенты разложения волновой функции $|\alpha \Pi M\rangle = \sum A_{\Pi M}^\alpha(\beta, \gamma) \psi_{\Pi M}^\alpha$. Проведены вычисления значений параметра квадрупольной деформации β_2 при различных предположениях о виде плотности распределения заряда с учетом влияния гексадекапольной деформации и возможной неаксиальности ядра.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

- I. Горячев А.М., Залесный Г.Н., Семенко С.Ф., Тулупов Б.А.
Гигантский дипольный резонанс на ядрах переходной области $A \sim 190$.
Краткие сообщения по физике, 1972, №10, с. 24-28.
2. Горячев А.М., Залесный Г.Н., Семенко С.Ф., Тулупов Б.А.
Гигантский дипольный резонанс на ядрах переходной области $A \sim 190$.
Ядерная физика, 1972, т. 17, вып. 3, с. 463-469.
3. Горячев А.М., Залесный Г.Н. Форма стабильных переходных ядер
 Ir и Pt . Письма в ЖЭТФ, 1977, т. 26, вып. 2, с. 107-109.
4. Горячев А.М., Залесный Г.Н. Гигантский дипольный резонанс и форма переходных ядер Ir и Pt . Ядерная физика, 1978, т. 27, № 6, с. 1479-1486.
5. Горячев А.М., Залесный Г.Н. Гигантский дипольный резонанс изотопов $^{182}, ^{184}, ^{186}W$ и форма переходных ядер $170 \leq A \leq 198$. - Известия АН Каз.ССР, сер. физ.-мат., 1978, № 6, с. 8-14.
6. Горячев А.М., Залесный Г.Н. Сечения фотонейтронных реакций на изотопах ^{183}W и ^{187}Os . В кн.: Программа и тезисы докладов XXX Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Л., "Наука", 1980, с.344.
7. Беляев С.Н., Горячев А.М., Залесный Г.Н., Семенов В.А. Гигантский дипольный резонанс на переходных ядрах $A \sim 100, 150, 190$. В кн.: Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. - Дубна, ОИЯИ, Д-9682, 1976, т. I, с. 126.
8. Горячев А.М., Залесный Г.Н., Мокроусов В.А. Элементы аппаратуры для измерения кривых выхода фотонейтронных реакций. В сб.: Вопросы теоретической и ядерной физики. Саратов, изд-во СГУ, 1973, вып. 4, с. 110-122.
9. Горячев А.М., Залесный Г.Н. Система приема, накопления и обработки данных в фотоядерном эксперименте на линии с ЭВМ "Одра-1013". В сб.: Вопросы теоретической и ядерной физики. Саратов, изд-во СГУ, 1976, вып. 5, с. 94-108.
10. Залесный Г.Н. Математическое обеспечение эксперимента по измерению сечений фотоядерных реакций. В кн.: Труды I Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. ИИИ АН УССР, Киев, 1976, с.156-158.
- II. Горячев А.М., Залесный Г.Н. Статистическое разделение выходов фотонейтронных реакций различной множественности для ^{181}Ta . В сб.: Вопросы теоретической и ядерной физики. Саратов, изд-во СГУ, 1977, вып. 6, с. 104-124.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 сентября 1983 года.