

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.172.4

М - 263

3-84-728

МАРИНОВА

Савка Георгиева

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ (n, α)
НА СТАБИЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЯДРАХ**

**Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1984

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики
Объединенного института ядерных исследований, г.Дубна.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

Ю.П.Попов

доктор физических наук, профессор

Н.П.Балабанов

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

Ю.П.Гангровский

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Ю.В.Адамчук

Ведущее предприятие: Институт ядерных исследований АН УССР,
Киев.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1985 г.
в _____ час. на заседании специализированного Совета
Д 047.01.05 при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории
ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований
(г.Дубна, Московская область).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1984 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

Ю.В.Таран

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Особенности явлений α -распада долгое время ограничивали α -спектроскопию областей самых тяжелых ядер и практически в течение нескольких десятилетий исследовался лишь α -распад из основных и низколежащих состояний. В последние годы, благодаря интенсивному развитию экспериментальной ядерной техники, усиленно изучается α -эмиссия из возбужденных состояний ядер, образующихся при взаимодействии ядер с нуклонами, мезонами, тяжелыми ионами и т.д. Особое место среди новых методов занимает изучение α -распада компаунд-состояний, которые возникают в результате захвата ядром тепловых или резонансных нейтронов.

В отличие от других реакций с вылетом α -частиц, исследование реакции (n, α) на резонансных нейтронах в области средних и тяжелых ядер предоставляет уникальную возможность изучения α -распада индивидуальных высоковозбужденных состояний ядра. Со времени получения первых результатов Ю.П.Поповым и И.Квитеком в 1965 г. в ЛДФ ОИЯИ достигнут существенный прогресс в изучении реакции (n, α) на резонансных нейтронах. За это время обнаружен альфа-распад почти для двух сотен резонансов, принадлежащих двум десяткам изотопов ядер с $60 \leq A \leq 180$, получены данные о полных и парциальных α -ширинах нейтронных резонансов, об усредненных сечениях реакции при различных энергиях нейтронов, для отдельных благоприятных ядер обнаружена двухступенчатая реакция $(n, \gamma \alpha)$.

Несмотря на отмеченный прогресс, немало вопросов, связанных с изучением α -распада компаунд-состояний, оставались открытыми. В частности, не был выяснен вопрос о влиянии деформации на α -распад компаунд-ядра. В ряде случаев полученные экспериментальные данные указали на возможность существования эффектов, не описываемых статистической теорией; к тому же в нескольких случаях при сравнении результатов измерения реакции (n, α) в тепловой точке с вычисленными на основе результатов, полученных в резонансной области, наблюдалось существенное расхождение. Кроме того, крайне малые сечения реакции $[\sigma(n, \alpha)/\sigma(n, \gamma) \leq 10^{-4} - 10^{-8}]$ существенно ограничивали

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

экспериментальные возможности, что привело (за счет недостаточного разрешения по энергии нейтронов) к изучению только низкоэнергетичных нейтронных резонансов. Поиски реакции (n, d) велись исключительно на стабильных ядрах. Для решения этих проблем нужно было расширить исследования реакции (n, d) , чтобы получить возможность более глубокого анализа экспериментальной информации. В связи с тем, что круг стабильных ядер, благоприятных для исследований реакции (n, d) , почти исчерпан, возникла необходимость перейти в новую область ядер — радиоактивных. Особенно перспективным является использование радиоактивных нейтронно-дефицитных ядер — мишеней при изучении реакции (n, d) , поскольку возрастание в этом случае энергии связи нейтрона приводит к увеличению энергии вылетающих частиц, а следовательно, и к проникаемости кулоновского барьера.

В последние годы, в связи с необходимостью решения указанных проблем, нами была усовершенствована методика измерения реакции (n, d) , расширен круг атомных ядер и интервал энергии нейтронных резонансов. В настоящей диссертации приводятся новые сведения о реакции (n, d) на стабильных ядрах, а также первые результаты поисков реакции (n, d) в новой области ядер (радиоактивные ядра).

Цель работы. Целью настоящей работы является:

- увеличение и уточнение экспериментальной информации об альфа-ширинах нейтронных резонансов для сферических и деформированных ядер;
- расширение исследуемого диапазона энергий нейтронов с помощью измерения усредненных сечений реакции (n, d) для ядер цинка-67 и самария-147;
- выяснение справедливости статистического подхода к описанию реакции (n, d) на основании более богатой экспериментальной информации;
- проверка существования возможных отклонений от статистических закономерностей с помощью новых данных об альфа-ширинах для ядер цинка-67 и самария-147;
- проведение поисков реакции (n, d) на новых ядрах — радиоактивных.

Научная новизна. В данной работе впервые удалось экспериментально изучить спектры d -частиц из реакции ${}^{67}\text{Zn}(n, d){}^{64}\text{Ni}$ в ряде нейтронных резонансов. Для изотопа самария-147 полученные результаты о полных d -ширинах позволили вдвое расширить исследованный диапазон по энергии нейтронов. Для того же самого изотопа проведен поиск "аномальных" резонансов (с параметрами, существенно отличающимися от среднестатистических). Получены новые данные по d -ширинам для деформированных ядер, из которых видно, что устраняются различия между тео-

рией и экспериментом. Начаты поиски реакции (n, d) на радиоактивных ядрах при резонансных энергиях нейтронов.

Практическая ценность. Исследования реакции (n, d) позволяют получить и предоставить специалистам по реакторостроению данные о сечениях реакции (n, d) в различных конструкционных материалах ядерных реакторов, а также уточнить параметры моделей для расчета сечений реакции (n, d) на тех ядрах, на которых непосредственно эксперименты не производились. Эти данные имеют важное прикладное значение для оценок накопления ядер гелия как продукта реакции (n, d) . Его образование и накопление в реакторных материалах можно считать одной из главных причин нежелательного изменения их физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик.

Для защиты выдвигаются следующие основные результаты, полученные в диссертации:

1. Созданы новые детекторы d -частиц: малофононый быстрый детектор d -частиц, специально приспособленный к условиям работы на пучках нейтронов от импульсных источников с длительностью вспышки от 50 нс и выше; d -спектрометр на основе кремниевого поверхностно-барьерного детектора, предназначенный для работы с радиоактивными мишенями и при наличии мощных импульсных и постоянных полей γ -квантов; малая двухсекционная ионизационная камера, дающая возможность работать с большими по размерам радиоактивными мишенями на нейтронных пучках.

2. Проведены измерения реакции (n, d) на цинке-67, неодиме-143 и самарии-147 с высоким разрешением по энергии нейтронов.

3. Установлено наличие альфа-распада нейтронных резонансов самария-147 в новой области энергии нейтронов. Определены полные d -ширины для новых нейтронных резонансов.

4. Существенно уточнены предварительные данные для деформированных ядер иттербия-171 и гафния-177.

5. Проведенные измерения не подтверждают наличия резонансов с "аномальными" d -ширинами для изотопа самария-147, а также предполагавшегося отклонения от статистической теории для парциальных d_0 - и d_1 -переходов в реакции ${}^{67}\text{Zn}(n, d){}^{64}\text{Ni}$.

6. Проведены первые измерения реакции (n, d) на радиоактивных ядрах в резонансной области энергий и получены оценки параметров реакции (n, d) на радиоактивных ядрах.

Апробация работ. Основные материалы диссертации докладывались на V и VI Всесоюзных конференциях по нейтронной физике (Киев, 1980 и 1983 гг.), на XXXIV Совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Алма-Ата, 1984 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 работ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. В ней содержится 129 страниц машинописного текста, включая 23 таблицы, 33 рисунка и список литературы из 128 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулированы вопросы об актуальности проблемы, научном значении, основных целях работы, приведены результаты, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрена информация, которую α -распад и родственные ему явления дают для изучения свойств ядер. Особое внимание уделено реакции (n, α) на резонансных нейтронах как специфичной разновидности α -распада. Рассматриваются также основные направления исследования реакции (n, α) при захвате резонансных нейтронов, исторически возникшие в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. Сделаны сравнения экспериментальных данных с расчетными, полученными из различных теоретических моделей α -распада компаунд-ядра, развиваемых в рамках статистической теории. В результате показано, что, в частности, с помощью кластерной модели удается правильно описать общие свойства взаимодействия медленных нейтронов с атомными ядрами и средние характеристики высоковозбужденных состояний ядра. Тем не менее, в ходе экспериментов по исследованию реакции (n, α) были установлены некоторые эффекты, которые не нашли объяснения в рамках этой теории. Поиск причин таких отклонений является интересной физической проблемой.

Обзор имеющихся результатов позволяет более четко выделить некоторые нерешенные проблемы в исследовании реакции (n, α) при захвате резонансных нейтронов. Эти проблемы определили следующие направления измерений, результаты которых описаны в настоящей диссертации.

1. Проверка справедливости статистической теории на более представительном статистическом материале, т.е. в более широком энергетическом интервале для ядер ^{67}Zn , ^{143}Nd и ^{147}Sm ; анализ наличия возможных нестатистических эффектов для ядер ^{67}Zn и ^{147}Sm .

2. Уточнение ординат характеристик реакции (n, α) в области деформированных ядер в связи с наличием существенного расхождения между старыми экспериментальными данными и теоретическими оценками.

3. Разработка новой методики и поиски реакции (n, α) в новой области ядер (радиоактивные ядра).

Во второй главе рассматриваются особенности методики измерения реакции (n, α) на стабильных и радиоактивных ядрах при захвате резонансных нейтронов.

Спектрометрия нейтронов осуществлялась по методу времени пролета. В качестве нейтронного спектрометра применялись импульсный реактор ИБР-30 и ЛУЭ "Факел" ИАЭ им. И.В.Курчатова.

Изучение реакции (n, α) на резонансных нейтронах обладает рядом особенностей, обусловленных малостью сечений реакции (n, α) , большим фоном от конкурирующей (n, γ) реакции и мощными импульсными полями гамма-квантов и нейтронов источника, а также малостью потока резонансных нейтронов, что приводит к большим методическим трудностям. Поэтому детектор для регистрации α -частиц должен удовлетворять следующим требованиям:

- высокая эффективность регистрации α -частиц из реакции (n, α) и низкая эффективность регистрации γ -квантов из реакции (n, γ) ;
- низкие фоны (как собственные, так и на пучке нейтронов) и стабильность параметров детектора в течение нескольких сот часов измерений в мощных гамма- и нейтронных полях;
- большая площадь мишеней, позволяющая использовать большие количества исследуемого вещества;
- хорошее быстродействие - способность быстро восстанавливать свои характеристики после перегрузок в момент импульса мощности источника нейтронов.

С учетом этих требований и из-за различия решаемых физических задач, в качестве детекторов α -частиц нами были сконструированы детектор на основе пропорциональных камер ^{1/1}, камера с полупроводниковыми детекторами ^{1/2} и двухсекционная ионизационная камера ^{1/2}.

В частности, в связи с необходимостью решения новых задач по поиску и изучению реакции (n, α) на стабильных ядрах, на пучках нейтронов от импульсных источников с короткой вспышкой (ЛУЭ "Факел"), а также для измерений реакции (n, α) на деформированных ядрах, имеющих более низкое соотношение $\sigma(n, \alpha)/\sigma(n, \gamma)$ (10^{-8} - 10^{-9}), стало необходимым создание нового быстродействующего детектора. Детектор содержит от шести до восьми конструктивно независимых одвоенных плоских пропорциональных камер, помещенных в общем вакуумируемом корпусе из дюралюминия. Мишени с исследуемым веществом размещаются в пространстве между камерами. Расположение набора целевых коллиматоров перед детектором (рис.1а) дает возможность защитить рабочий объем камер от непосредственного облучения нейтронами и γ -лучами, что существенно уменьшает перегрузку детектора в момент импульса мощности источника.

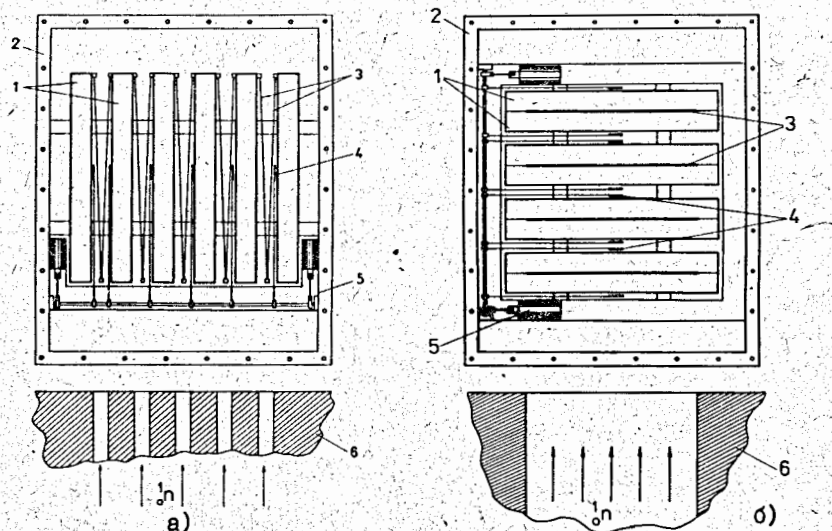


Рис.1 Варианты (а,б) конструкции детектора (вид сверху). 1 - камеры, 2 - корпус, 3 - мишени с исследуемым веществом, 4 - контрольные α -источники, 5 - электромагниты управления источниками, 6 - коллиматор нейтронного пучка.

Такая геометрия эксперимента более выгодна при измерении резонансов с малыми α -ширинами, но с большим выходом γ -квантов, что имеет место при исследовании реакции (n, α) на деформированных ядрах. Расположение секций камеры, показанное на рис.1б, было использовано нами при работе на ЛУЭ "Факел" с малой длительностью нейтронных импульсов (~ 50 нс), так как в этих случаях требования к защите рабочего объема детектора от непосредственного облучения менее жесткие, а обеспечение хороших временных характеристик и разрешения по энергии нейтронов является определяющим. Конструкция и способ изготовления отдельной камеры заметно не отличаются от описанных в литературе. Конструктивно две камеры объединены с помощью прозрачной для α -частиц сетки, что позволило фиксировать импульсы по совпадениям в полусекциях, если импульсы в камерах удовлетворяют условиям амплитудного отбора.

Для изготовленных камер экспериментально определены области рабочих напряжений и зависимость коэффициента газового усиления от напряжения при давлениях рабочего газа от 0,4 до 1 атм. для разных газовых смесей. В наших измерениях в качестве рабочего газа выбрали смесь $Ar + 20\% CO_2$ при давлениях 0,6 или 1 атм. Временное разрешение детектора при коэффициенте газового усиления $M \sim 10$ для исследованных газовых смесей составило $\tau_{1/2} \sim (20+60$ нс) ($\tau_{1/2}$ - ширина на полу-

высоте временного распределения). На импульсных нейтронных источниках ИБР-30 и ЛУЭ "Факел" проведены исследования влияния ионизации, возникшей в момент вспышки источника, на характеристики детектора.

Основные характеристики детектора:

1. Максимальная площадь мишени - 10000 см².

2. Временное разрешение $\tau_{1/2} \sim 20$ нс.

3. Время восстановления после импульса мощности:

а) для реактора ИБР-30 при длительности импульса $t = 4$ мкс-45 мкс;

б) для ЛУЭ "Факел" с $t = 50$ нс - 20 мкс.

4. Собственный фон - менее $1 \cdot 10^{-3}$ имп/мин см².

Переход к поиску реакции (n, α) на радиоактивных ядрах при захвате резонансных нейтронов связан с дополнительными методическими трудностями. Он усложняется присутствием относительно высокого уровня фона от β - и/или γ -активности исследуемой мишени, который добавляется к фону, обусловленному полями γ -квантов и нейтронов источника. Кроме того, необходимость работать на мишенях с "ограниченной" активностью (дозиметрические условия) ставит ограничение на число исследуемых ядер в мишени. Учитывая указанные проблемы и новые требования, мы изготовили камеру с полупроводниковыми детекторами (ППД) и малую ионизационную камеру (МИК) для исследования реакции (n, α) на радиоактивных мишенях. Сравнение характеристик камеры с полупроводниковыми детекторами и ионизационной камерой сделано в таблице I.

Таблица I. Характеристики использованных детекторов.

Вид детектора	Разрешение детектора (для энергии α -частиц 4,8 МэВ), кэВ		Эффективность из реакции (n, α) , %	Фон на пучке* (интервал энергии α -частиц 4+6,3 МэВ), имп./мин.	Площадь подложки см ²
	собственное	на пучке нейтронов			
ППД	50-60	90	25	0,18	3
МИК	95	105	50	0,48	100

* Фоновые измерения проведены в одинаковом интервале по энергии нейтронов на пролетной базе $L = 50$ м при мощности реактора $\Omega = 5$ кВт. Фоновые измерения отличались от основных только тем, что в камерах стояли пустые подложки.

В третьей главе представлены результаты измерений полных и парциальных α -ширин, усредненных по резонансам сечений реакций $^{147}Sm(n, \alpha)$, ^{144}Nd и $^{67}Zn(n, \alpha)$, ^{64}Ni , а также первых поисков реакции (n, α) на радиоактивных ядрах.

Исследования реакций (n, α) на ядрах ^{67}Zn , ^{143}Nd и ^{147}Sm с высоким разрешением по энергии нейтронов проводились на ДУЭ "Факел" /3,4/, а исследования на деформированных ядрах ^{171}Yb , ^{177}Hf и ^{151}Eu - на импульсном реакторе ИБР-30 ДФ ОИЯИ /5/. Для регистрации α -частиц использовалась разработанная нами система пропорциональных камер в различных геометриях (см. рис. 1). Основные характеристики условий измерений и мишеней представлены в таблице 2. В результате измерений получены времяпролетные спектры выхода α -частиц для указанных изотопов. Они приведены в качестве примера для изотопов ^{147}Sm и ^{177}Hf на рис. 2 и 3.

Таблица 2.

Мишень	Обогащение, %	E_{α} , МэВ	Толщина слоя соединения, мг/см ²	Площадь мишени, см ²	Временное разрешение, нс/м	Время измерения, час.
^{67}ZnO	91,8	4,6	3,0	2500	2,5	100
$^{143}\text{Nd}_2\text{O}_3$	83,5	9,42	5,7	3125	4,0	150
$^{147}\text{Sm}_2\text{O}_3$	95,3	9,84	5,0	1250	4,0	180
$^{151}\text{Eu}_2\text{O}_3$	ост.	7,66	4,0	5000	3200	160
$^{171}\text{Yb}_2\text{O}_3$	86,2	9,11	8,9	5000	130	300
$^{177}\text{HfO}_2$	82,2	9,49	4,9	5000	130	200
$^{67}\text{ZnO}^*$	91,8	4,6	1,2	630	50	240
	91,8	4,6	0,2	2400	50	240
	91,8	4,6	0,2	3200	130	320

* Эти данные относятся к измерениям парциальных α -ширин.

Определение полных ширин α -распада нейтронных резонансов проводилось относительным методом, их значения вычислялись по формуле

$$\Gamma_{\alpha} = k \frac{\epsilon^k \omega^k t^k N_{\alpha} \Gamma}{\epsilon \omega t A \Phi},$$

где N_{α} - число отсчетов α -частиц в отдельных резонансах;
 $k = \Phi^k A^k \Gamma^k / N_{\alpha}^k \Gamma^k$ - калибровочный коэффициент; ϵ - эффективность регистрации детектором альфа-частиц; ω - геометрический фактор;
 t - время измерений; A - площадь резонанса под кривой пропускания;
 Φ - поток нейтронов, падающий на образец; Γ , Γ_{α} - соответственно полная и α -ширины нейтронного резонанса. Индекс "к" указывает на принадлежность параметра калибровочному резонансу, с ко-

торым проводилось сравнение. В результате измерений получены значения альфа-ширин для 55 нейтронных резонансов, из которых для 11 резонансов α -ширины измерены впервые.

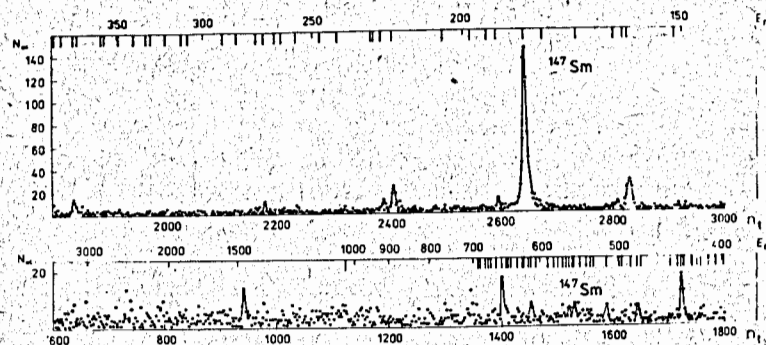


Рис.2 Зависимость выхода α -частиц от времени пролета нейтронов в реакции $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$. Точки - сумма по двум каналам. E_n - энергия нейтронов в эВ. Линиями сверху отмечены положения известных резонансов.

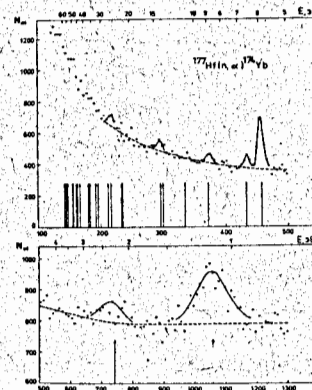


Рис.3 Зависимость выхода α -частиц от времени пролета нейтронов в реакции $^{177}\text{Hf}(n, \alpha)^{174}\text{Yb}$. E_n - энергия нейтронов. Линиями внизу отмечены положения известных резонансов.

Большой выход реакции (n, α) для изотопа ^{67}Zn позволил нам впервые измерить и парциальные α -ширины для некоторых из изученных резонансов /6,7/. Измерения выполнены на пучке нейтронов от импульсного реактора ИБР-30, работающего совместно с линейным ускорителем электронов на разных пролетных базах и при разных толщинах мишеней (см. табл.2). В первых измерениях спектров α -частиц /6/ в качестве детектора заряженных частиц использовалась двухсекционная ионизационная камера с сетками (СИК), а в дальнейшем измерения /7/ проводились на цилиндрической ионизационной камере (ЦИК). В результате экспериментальных исследований получены амплитудные спектры α -частиц во временных окнах, соответствующих

резонансам реакции $^{67}\text{Zn}(n, \alpha)^{64}\text{Ni}$. Спектры резонансов при $E_0 = 750$ и $E_0 = 223$ эВ приведены на рис. 4.

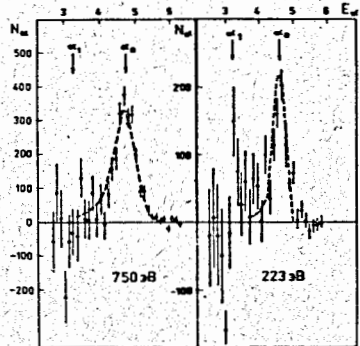


Рис. 4 Амплитудные спектры резонансов при $E_0 = 750$ и 223 эВ; точки — эксперимент, пунктирная кривая — расчетный спектр α -частиц; E_α в МэВ.

Получены также времяпролетные спектры выходов α -частиц в определенных амплитудных окнах, соответствующих α_0 - и α_I -переходам. Такие исследования позволяют

предложить новую спиновую идентификацию нейтронных резонансов 7,8 , так как α_0 -переходы возможны лишь для резонансов со спином $J^\pi = 3^-$.

Для расширения экспериментальной информации нами были начаты исследования усредненных по большому числу резонансов сечений реакций $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$ и $^{67}\text{Zn}(n, \alpha)^{64}\text{Ni}$ на установке ЛУЭ "Факел". По методу времени пролета определены средние сечения в непрерывной последовательности энергетических интервалов для ^{147}Sm в области энергии нейтронов до 3 кэВ 3,4 , а для ^{67}Zn — до 30 кэВ 9 .

В этой же главе приводятся также результаты первых измерений реакции (n, α) на радиоактивных изотопах ^{65}Zn и предварительных измерений — для ^{145}Sm . Измерения проводились на пучке нейтронов импульсного реактора ИБР-30, работавшего в качестве бустера для ускорителя ЛУЭ-40 на пролетной базе 30 м. В результате измерений получены первые оценки параметра $B = 2g\Gamma_n\Gamma_\alpha/\Gamma$ для α -распада высоковозбужденных состояний ^{66}Zn и ^{146}Sm 2 .

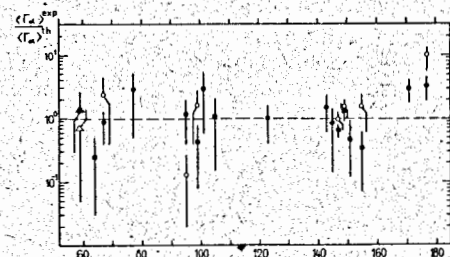
Четвертая глава посвящена определению усредненных параметров компаунд-состояний, а именно, средних значений полных α -ширин $\langle \Gamma_\alpha \rangle$, значений силовой функции α -частиц S_α и вероятности нахождения α -частиц на поверхности ядра, а также анализу полученных экспериментальных данных. Особое место уделено поискам возможных нестатистических эффектов в поведении α -ширин.

Как известно, сложная многочастичная природа компаунд-состояний ведет к определенным закономерностям, устанавливаемым статистической теорией. Эти закономерности касаются и средних значений полных α -ширин. При статистическом подходе средняя по резонансам с заданным значением спина и четности (J^π) величина полной α -ширины дается

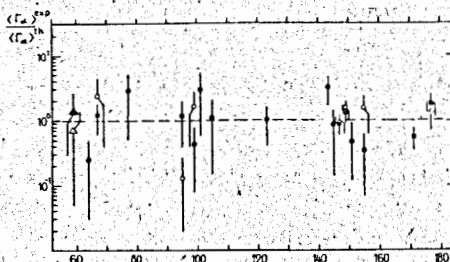
выражением

$$\langle \Gamma_\alpha^J \rangle = \frac{D^J}{2\pi} \sum_l P_{Jl},$$

где D^J — среднее расстояние между резонансами со спином и четностью J^π ; P_{Jl} — проницаемость потенциального барьера ядра для альфа-частиц с орбитальным моментом l ; J — уровень дочернего ядра, на который происходит альфа-распад. При этом для описания средних характеристик используется кластерная модель. Согласно теоретических и экспериментальных значений α -ширин, иллюстрируемое рис. 5а, можно считать довольно удовлетворительным. Но следует обратить внимание на результаты, полученные нами для деформированных ядер с $A > 150$. Новые экспериментальные данные для ^{171}Yb и ^{177}Hf , а также новые расчеты кластерных ширин, с учетом деформации, улучшают согласие между теоретическими и экспериментальными α -ширинами (см. рис. 5 б).



а)



б)

Рис. 5. Отношение экспериментальных и теоретических значений средних α -ширин в функции массового числа ядер. Рисунок 5а характеризует состояние дел до наших измерений. На рисунке 5б квадратиками отмечены результаты, полученные в настоящей диссертации.

Помимо средней α -ширины силовая функция S_α является другим средним параметром реакции (n, α) , характеризующимся тем, что слабо зависит от изменений энергии α -частицы E_α и атомного веса ядра A . Значения силовых функций рассчитываются по кластерной модели, согласно которой

$$S_\alpha = \frac{\langle \Gamma_\alpha^J \rangle}{D^J \Gamma_\alpha^{cl}},$$

где Γ_α^{cl} — ширина α -кластерного резонансного уровня. Недавно в

рамках этой модели было учтено влияние деформации ядер на α -распад компаунд-состояний. Эти расчеты, а также проведенные нами новые измерения полных α -ширин для ^{171}Yb и ^{177}Hf дали нам возможность получить новые значения для силовой функции этих ядер.

Важность полученных результатов определяется возможностью проведения проверки теоретических оценок величины и зависимости α -частичной силовой функции от массового числа, рассчитанной на основании определенных модельных представлений. Модель "черного ядра" удовлетворительно воспроизводит экспериментальные результаты. Новые экспериментальные данные по α -ширинам для ^{171}Yb и ^{177}Hf устраняют отмечавшееся ранее несогласие теории и эксперимента, подтверждая тем самым вывод и применимость модели "черного ядра" для описания взаимодействия α -частиц и в случае тяжелых деформированных ядер.

Анализ экспериментальных результатов показывает, что, в целом, поведение α -ширин нейтронных резонансов описывается статистической теорией. На общем фоне статистических закономерностей получены указания на возможные нестатистические эффекты. Здесь представлены результаты исследований, проведенных для проверки наблюдаемых отклонений от статистической теории.

1. С целью выяснения, действительно ли резонанс с энергией $E_0 = 184$ эВ у ^{147}Sm аномален, мы провели измерения в более широком диапазоне энергий нейтронов. В диапазоне энергий $E_n < 1800$ эВ (где известны нейтронные ширины резонансов) у ^{147}Sm наблюдается, по крайней мере, три резонанса с большой величиной Q . Методом Монте-Карло была оценена вероятность таких значений по статистической теории. Получено, что экспериментальная вероятность обнаружения сразу трех резонансов с большими Q в выборке из 90 резонансов согласуется с ожидаемой по статистической теории, т.е. по этому параметру резонансы не являются аномальными.

2. Статистическая теория предсказывает независимость средней α -ширины (соответственно, и $\langle Q/D \rangle$) от энергии нейтронов (в измеряемом нами диапазоне энергий), т.е. зависимость $\Sigma Q = f(E_n)$ должна быть константой. Полученная нами более полная информация о полных α -ширинах и усредненных сечениях для ^{147}Sm и ^{67}Zn дает возможность проверить справедливость этого заключения. Наши результаты показали, что в зависимости экспериментальных усредненных величин $\langle Q/D \rangle$ от энергии нейтронов проявляется указание на возможное отклонение от предсказываемой по статистической теории при усреднении по интервалам, содержащим по 10-15 резонансов.

3. Изучение спектров α -частиц из реакции $^{67}\text{Zn}(n, \alpha)^{64}\text{Ni}$ на тепловых нейтронах показало отсутствие α -перехода в основное состояние $^{64}\text{Ni}(\alpha_0)$ на уровне < 10 мкб при наличии сильного α -пе-

рехода в первое возбужденное состояние дочернего ядра (α_1) с сечением 160 мкб. Этот результат удивителен с точки зрения прежних измерений полных α -ширин (без анализа по спектру α -частиц) резонансов с энергиями до 4 кэВ. Одной из возможных причин такого расхождения является предположение, что парциальные α_1 -ширины в исследованных резонансах в среднем более чем на порядок превышают α_0 -ширины (тогда как по статистической теории положение обратное). Приведенные результаты измерений спектров α -частиц в четырех отдельных резонансах ^{67}Zn , определяющих тепловое сечение, показывают наличие в них α_0 -переходов. Из этих данных можно сделать оценку того, что отношение $\langle \sigma_{\alpha_1} \rangle / \langle \sigma_{\alpha_0} \rangle < 1/20$. Это снимает предположение о нарушении статистических закономерностей для соотношения средних вероятностей переходов α_0 и α_1 в резонансах ^{67}Zn .

4. Первые попытки обнаружения реакции (n, α) на радиоактивных изотопах ^{65}Zn и ^{145}Sm дали возможность получить верхние оценки сечений и вкладов возможных резонансов в сечение для тепловой точки. Рассмотрены перспективы дальнейших исследований реакции (n, α) на радиоактивных ядрах.

В заключении приводятся основные результаты выполненной работы.

1. Малофононый быстрый детектор α -частиц был специально приспособлен к условиям работы на пучках нейтронов от импульсных источников с длительностью вспышки от 50 нс и выше, что позволило вести исследования на установке "Факел".

2. Созданы α -спектрометры для работы с радиоактивными мишенями на импульсных пучках нейтронов на основе кремниевого поверхностно-барьерного детектора и двухсекционной ионизационной камеры.

3. Проведены измерения полных α -ширин для изотопов ^{67}Zn , ^{143}Nd и ^{147}Sm с высоким разрешением по энергии нейтронов. Вдвое по сравнению с предыдущими работами расширен исследованный диапазон по энергии нейтронов в измерениях полных α -ширин для изотопа самария-147. Это дает возможность более надежно, чем в предыдущих работах, провести идентификацию резонансов и уточнить значения их полных α -ширин.

4. Существенно уточнены полные α -ширины для деформированных ядер иттербия-171 и гафния-177. Учет влияния деформации ядер на α -распад компаунд-состояний в расчетах приводит к хорошему согласию между экспериментальными средними значениями α -ширин и расчетными.

5. Впервые измерены спектры α -частиц в реакции $^{67}\text{Zn}(n, \alpha)^{64}\text{Ni}$, которые позволили нам провести новую спиновую идентификацию нейтронных резонансов.

6. Проведена экспериментальная проверка и отброшены некоторые предположения о наличии нестатистических эффектов в поведении α -ширин, в частности, для парциальных α_0 - и α_1 -переходов в ^{67}Zn и о существовании "аномальных" α -ширин в резонансах ^{147}Sm .

7. Проведены первые поиски реакции (n, α) на радиоактивных ядрах ^{65}Zn и ^{145}Sm .

Работы, положенные в основу диссертации:

1. Антонов А., Богдзель А.А., Гледенов Ю.М., Маринова С., Попов Ю.П., Тишин В.Г. - ПТЭ, 1981, № 3, с.52-57.
2. Балабанов Н.П., Зварова Т.С., Лебедев Н.А., Маринова С.Г., Митриков М.П., Митрикова Р.С., Попов Ю.П., Салацкий В.И. - ОИЯИ, 3-84-484, Дубна, 1984.
3. Антонов А., Гледенов Ю.М., Маринова С., Попов Ю.П., Риголь Х. - ЯФ, 1984, т.39, вып.4, с.794-800.
4. Антонов А., Богдзель А.А., Гледенов Ю.М., Маринова С., Попов Ю.П., Тишин В.Г. - ОИЯИ, РЗ-12999, Дубна, 1980.
5. Антонов А., Гледенов Ю.М., Маринова С., Митриков М. - ОИЯИ, РЗ-83-242, Дубна, 1983.
6. Гледенов Ю.М., Жак А., Маринова С., Митриков М., Попов Ю.П., Салацкий В.И. - В кн.: "Нейтронная физика", ЦНИИАтоминформ, 1984, ч.2, с.346-350.
7. Гледенов Ю.М., Жак А., Маринова С., Митриков М., Попов Ю.П., Фунг Ван Зуан, Чадрабал М. - ОИЯИ, РЗ-84-340, Дубна, 1984.
8. Гледенов Ю.М., Жак А., Маринова С., Митриков М., Попов Ю.П., Салацкий В.И. - В кн.: Тезисы докладов XXXIV Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Л., "Наука", 1984, с.249.
9. Антонов А., Богдзель А.А., Гледенов Ю.М., Маринова С., Попов Ю.П., Тишин В.Г. - Ядерные константы, 1981, вып.1 (40), с.16-19.

Рукопись поступила в издательский отдел
II ноября 1984 года.