

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

A 65

P3-88-824

Ю.Андреевски, Ю.М.Гледенов, Ю.П.Попов,
П.В.Седышев

ОБНАРУЖЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ
РЕАКЦИИ $^{187}\text{Os}(n, \alpha)^{184}\text{W}$
НА РЕЗОНАНСНЫХ НЕЙТРОНАХ

1988

К настоящему времени получены экспериментальные значения α -ширин нейтронных резонансов в широкой области атомных ядер — $60 \leq A \leq 180$ ^{1,2/}. Со средними α -ширинами для всех изотопов хорошо (с точностью $2 \div 3$) согласуются α -ширины, рассчитанные по кластерной модели^{3/}. Неожиданностью являются результаты работ^{4,5/}, в которых измеренное сечение реакции $^{238}\text{U}(n,\alpha)$ на тепловых нейтронах оказалось равным $(1,3 \pm 0,6)$ мкб и $(1,5 \pm 0,5)$ мкб, что соответствует α -ширине $\approx 10^{-8}$ эВ. Рассчитанное же по кластерной модели значение составляет $\Gamma_\alpha = 1,8 \cdot 10^{-14}$ эВ, то есть эксперимент дает в миллион раз большее значение, нежели расчет по модели, проверенной на средних ядрах. Таким образом, получение экспериментальных значений α -ширин на ядре ^{187}Os является продвижением в область более тяжелых ядер и представляет существенный интерес для проверки конкретных моделей α -распада высоковозбужденных состояний ядра. Данные по реакции $^{187}\text{Os}(n,\alpha)$ полезны и для астрофизики^{6/}.

Особенностью α -распада уровней ^{188}Os , возбужденных медленными нейтронами, является то, что на нижние уровни дочернего ядра осуществляются α -переходы только с состояний с $J^\pi = 1^-$. α -переходы $0^- \rightarrow 0^+$, $2^+ \rightarrow 4^+$... запрещены по четности. Это дает возможность получать средние парциальные α -ширины из усредненных сечений, без дополнительных предположений.

Проведенные ранее исследования реакции $^{187}\text{Os}(n,\alpha)^{184}\text{W}$ позволили получить только верхнюю границу средней α -ширины: $\langle \Gamma_\alpha^{J^\pi} \rangle \leq 6 \cdot 10^{-6}$ эВ^{7/} и $\langle \Gamma_\alpha^{J^\pi} \rangle \leq 0,43 \cdot 10^{-6}$ эВ^{8/}.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Настоящие исследования проведены на двухсекционной ионизационной камере с сеткой (СИК)^{9/}. В эксперименте использовалась мишень толщиной 2 мг/см^2 изотопа ^{187}Os с обогащением 99%. Мишень диаметром 282 мм была изготовлена методом осаждения из суспензии металлического осмия в виде мелкого порошка. Для предотвращения осыпания порошка мишень была покрыта слоем лака толщиной $0,26 \text{ мг/см}^2$. Для уменьшения фона от слабоионизирующих частиц и γ -квантов, образующихся в реакции (n, γ) с вероятностью в 10^8 раз большей, чем α -частицы в реакции (n, α) , давление в камере установили на 30% ниже давления, при котором пробеги α -частиц исследуемой реакции укладываются

ся до сетки. Это обстоятельство, а также значительная толщина мишени не позволили в спектре α -частиц выделить переходы на отдельные уровни. Таким образом, полученные данные являются результатом усреднения по нескольким, самым низким состояниям конечного ядра.

Величины α -ширин определены относительным методом с помощью нормировки по резонансам изотопа ^{143}Nd с энергиями $E = 127,4$ эВ и $E = 135,5$ эВ. Параметры этих резонансов взяты из работ ^{10,11/}. Измерения осуществлялись на импульсном бустере ИБР-30 ЛНФ ОИЯИ. Было проведено две серии измерений. Время измерения в первой серии составило 206 часов, во второй — 218. Приведенные ниже данные — суммарные по двум сериям.

Сколлимированный пучок нейтронов проходил одновременно сквозь две мишени (^{187}Os и ^{143}Nd) под углом 4° относительно их поверхности. Сигналы с двух электронных трактов подавались на измерительный модуль, основой которого являлась ЭВМ СМ-3. В эксперименте использовались новые амплитудно-цифровые преобразователи с улучшенными характеристиками, описанные в работе ^{12/}, а также спецконтроллер, организующий автономный процесс записи многопараметрового спектра ^{13/}. Двухпараметрическая информация из двух блоков памяти, работающих в режиме "флип-флоп", сбрасывалась на магнитный диск, а с диска в виде файла на магнитную ленту. Обработка экспериментального материала проводилась на ЭВМ PDP-11/70.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Двухпараметрическая запись информации дает возможность получения двух видов спектров: амплитудного спектра в выбранном временном окне и временного в амплитудном окне. Двойной анализ позволяет лучше отделить эффект реакции от фона, что имеет в нашем случае существенное значение.

На рис.1 показан временной спектр реакции $^{187}\text{Os}(n,\alpha)^{184}\text{W}$ в амплитудном окне, соответствующем энергии α -частиц, вылетающих из составного ядра ^{188}Os .

На нем выделяются два резонанса с энергиями $E_0 = 9,47$ эВ и $E_0 = 12,7$ эВ, а также наблюдается подъем в интервале 38 ± 53 эВ, отвечающий группе пяти резонансов ^{11/}. На рисунке отмечены энергетические интервалы, для которых рассчитаны усредненные параметры реакции.

Эффективное количество отсчетов в обоих упомянутых резонансах определено двумя способами. Первый способ — это выделение эффекта в амплитудном спектре, полученном во временном окне анализируемого резонанса путем вычитания среднего фона этого спектра. Средний фон определяется как усредненный амплитудный спектр двух временных окон той же ширины, что и окно исследуемого резонанса, расположенных слева и справа от него. Второй способ — это экстраполяция фона на амплитудном спектре резонанса, построенном в логарифмическо-ли-

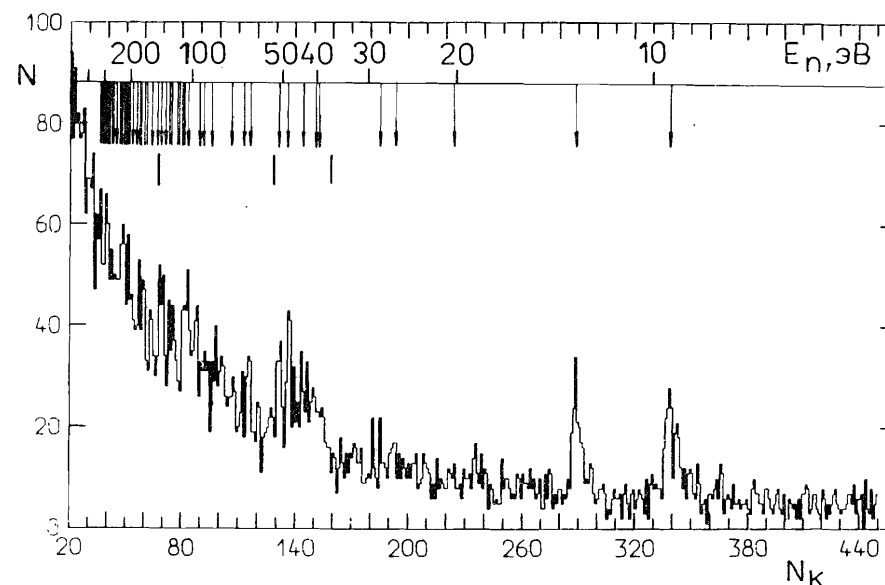


Рис.1. Спектр по времени пролета выхода реакции $^{187}\text{Os}(n,\alpha)^{184}\text{W}$. Стрелками показаны известные из работы ^{11/} положения резонансов.

нейной системе координат, из области низких энергий в более высокие. Пример такого способа выделения эффекта показан на рис.2, где представлен амплитудный спектр во временном окне резонанса $E_0 = 9,47$ эВ. Пунктиром показан экстраполированный фон. Для отдельных резонансов эти два способа выделения эффекта дали совпадающие результаты.

Выделение эффекта реакции (n, α) для отмеченных на рис.1 энергетических интервалов стало возможным только с использованием второго способа. Амплитудный спектр в пределах энергии налетающих нейтронов 38 ± 53 эВ показан на рис.3.

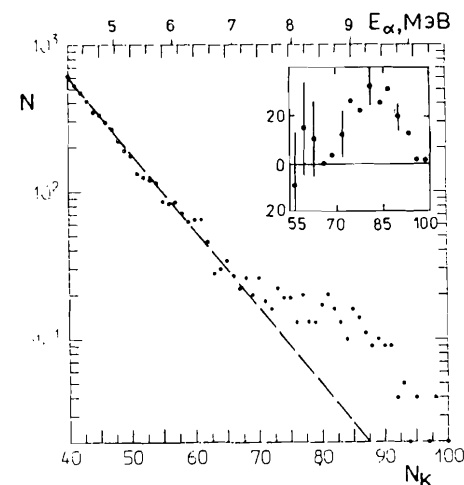


Рис.2. Амплитудный спектр во временном окне резонанса $E_0 = 9,47$ эВ. Пунктиром показан экстраполированный фон, на вставке — амплитудный спектр после вычитания фона.

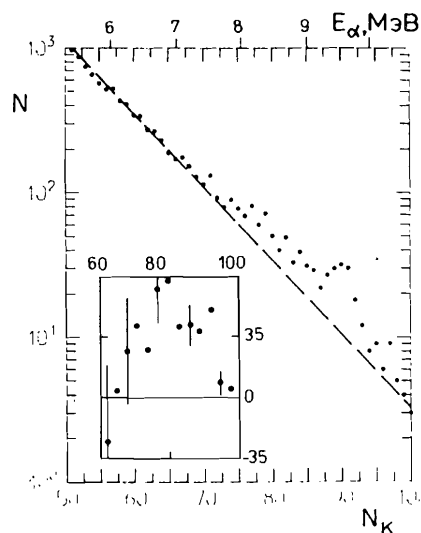


Рис.3. Амплитудный спектр в пределах энергии налетающих нейтронов 38-53 эВ. На вставке показан амплитудный спектр после вычитания фона.

В табл.1 представлены полученное количество отсчетов α -частиц и α -ширины для двух резонансов. В табл.2 имеются данные для двух энергетических интервалов и для двух резонансов. Величины Γ_α , $\langle \Gamma_\alpha \rangle$, $\langle \sigma_{(n,\alpha)} \rangle$ получены так же, как в работе /14/, а α -частичная силовая функция определялась по формуле

$$S_\alpha = \frac{\langle \Gamma_\alpha \rangle}{\sum_f \Gamma_{\alpha,f}^{0.4} \cdot D} \quad (1)$$

из работы /15/, где $\langle \Gamma_\alpha \rangle$ — усредненная α -ширина для данного интервала, $\Gamma_{\alpha,f}^{0.4}$ — одночастичная α -ширина перехода на определенные состояния конечного ядра, D — среднее расстояние между уровнями.

Наибольший вклад в погрешность α -ширин (табл.2) дают ошибки, связанные с выделением фона, и погрешности, обусловленные конечным числом резонансов на интервале ΔE_n . При этом необходимо учесть, что измеряются полные α -ширины, флуктуирующие в случае ядра ^{188}Os с эффективным числом степеней свободы $\nu_{\text{эф.}} = 2,8^{1/2}$, т.е. заметно слабее, чем парциальные α -ширины, что уменьшает ошибку усреднения.

Полученные величины силовой функции можно сравнить с силовой функцией, рассчитанной по модели "черного" ядра, как это было сделано в работе Кадменского и др. /15/. Этот расчет для ядра ^{187}Os дает $S_\alpha^{\text{ч.я.}} = 4,8 \cdot 10^{-2}$ МэВ⁻¹. Для первого интервала энергии силовая функция несколько превышает $S_\alpha^{\text{ч.я.}}$. Величина S_α для двух отдельных резонансов хорошо совпадает с $S_\alpha^{\text{ч.я.}}$. Интересно было бы сравнить полученные нами результаты с расчетами, учитывающими деформацию ядра

Таблица 1

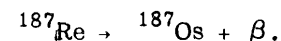
Е, эВ	N_α	Γ_α , эВ · 10 ⁻⁹
9,47	177 ± 22	6,8 ± 1,0
12,70	155 ± 21	2,0 ± 0,3

Таблица 2

Е, эВ	N_α	$\langle \sigma_{(n,\alpha)} \rangle$, мкб	$\langle \Gamma_\alpha \rangle$, эВ · 10 ⁻⁹	S_α , МэВ ⁻¹ · 10 ⁻²
38-53	312 ± 85	22 ± 6	17 ± 10	23 ± 14
53-150	259 ± 180	5,4 ± 3,8	6,3 ± 4,7	8,6 ± 6,4
по резонансам 9,47 и 12,7			4,4 ± 2,6	6,0 ± 3,5

и связь между каналами, так как такие расчеты, проведенные для нескольких деформированных ядер /15/, показали, что величина S_α при этом уменьшается, т.е. тенденция к увеличению $\langle \Gamma_\alpha \rangle$ по сравнению с расчетом по кластерной модели для $A = 188$ не наблюдается.

Полученные величины средних α -ширин подтверждают тот факт, что канал α -распада в сравнении с радиационным захватом нейтронов ядром ^{187}Os весьма мал, и этим эффектом можно пренебречь, оценивая убывание ядер ^{187}Os в процессе нуклеосинтеза. Этот вывод имеет значение в связи с обсуждаемой в работе /16/ возможностью использовать β -распад ^{187}Re как хронометр для нуклеосинтеза:



Авторы благодарны Т.С.Зваровой за изготовление мишеней, А.А.Богзделю и В.Г.Тишину за оказанную помощь в запуске измерительного модуля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А. и др. — ЯФ, 1978, т.27, с.18.
2. Пикельнер Л.Б. и др. — УФН, 1982, т.137, вып.1, с.39.
3. Кадменский С.Г., Фурман В.И. — ЭЧАЯ, 1975, т.6, с.496.
4. Asghar M. et al. — Nucl.Phys., 1976, v.A259, p.429.
5. Wagemans C. et al. — Nucl. Phys., 1981, v.A362, p.1.
6. Winters R.R. et al. — Phys.Rev.C., 1986, v.34, p.840.
7. Балабанов Н.П. и др. Сообщение ОИЯИ РЗ-7376, Дубна, 1973.
8. Балабанов Н.П. и др. — ЯФ, 1978, т.28, с.1148.
9. Попов Ю.П. и др. — ЯФ, 1971, т.13, с.913.
10. Антонов А. и др. — ЯФ, 1984, т.39, с.794.
11. Mughabhab S.F. — Neutron Cross Section, v.1, part B, Academic Press, 1984.

12. Богздель А.А. и др. Сообщение ОИЯИ 13-84-145, Дубна, 1984.
13. Богздель А.А. и др. Сообщение ОИЯИ 13-84-386, Дубна, 1984.
14. Анджеевски Ю. и др. — ЯФ, 1980, т.32, с.1496.
15. Кадменский С.Г. и др. — ЯФ, 1982, т.35, с.823.

Анджеевски Ю. и др.

P3-88-824

Обнаружение и исследование реакции $^{187}\text{Os}(n, \alpha)^{184}\text{W}$
на резонансных нейтронах

Приводятся результаты исследований α -распада высоковозбужденных состояний ^{188}Os . Измерения осуществлялись с использованием метода времени пролета на пучке нейтронов импульсного бустера ИБР-30 ЛНФ ОИЯИ. Впервые удалось с помощью двухсекционной ионизационной камеры с сеткой получить α -ширины двух резонансов с $E_0 = 9,47$ эВ и $E_0 = 12,7$ эВ, которые составляют $(6,8 \pm 1,0) \cdot 10^{-9}$ эВ и $(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-9}$ эВ. Для интервалов энергии нейтронов $38 \div 53$, $53 \div 150$ эВ получены средние значения α -ширин: $(17 \pm 10) \cdot 10^{-9}$ и $(6,3 \pm 4,7) \cdot 10^{-9}$ эВ соответственно. Экспериментальные величины α -частичной силовой функции сравниваются с рассчитанной по модели "черного" ядра.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Andrzejewski J. et al.

P3-88-824

Detection and Study of the $^{187}\text{Os}(n, \alpha)^{184}\text{W}$ Reaction
on the Resonance Neutrons

The paper reports on the results of the study of the α -decay of highly excited states of ^{188}Os . The experiment was performed by the time-of-flight method and utilized neutrons from the IBR-30 booster of the Laboratory of Neutron Physics, JINR. For the first time one has succeeded in measuring with the help of a two-section ionization chamber with a grid α -widths of $(6.8 \pm 1.0) \cdot 10^{-9}$ eV and $(2.0 \pm 0.3) \cdot 10^{-9}$ eV for two resonances at $E_0 = 9.47$ eV and $E_0 = 12.7$ eV, respectively. Average α -widths were found to be $(17 \pm 10) \cdot 10^{-9}$ eV and $(6.3 \pm 4.7) \cdot 10^{-9}$ eV over two neutron energy intervals from 38 to 53 eV and from 53 to 150 eV, respectively. Experimental alpha-particle strength functions are compared to those calculated within the model of "the black nucleus".

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988

Рукопись поступила в издательский отдел
29 ноября 1988 года.