

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

A 651

P15-87-530

Ю. Анджеевски, **В. П. Вертебный***, Во Ким Тхань,
В. А. Втюрин, А. Л. Кирилюк*, Ле Банг Шионг,
Ю. П. Попов

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ $^{143}\text{Nd}(n, \alpha) ^{140}\text{Ce}$
И $^{147}\text{Sm}(n, \alpha) ^{144}\text{Nd}$
ПРИ ЭНЕРГИИ НЕЙТРОНОВ 144 кэВ

* Институт ядерных исследований АН УССР, Киев

ВВЕДЕНИЕ

Исследования (n, α) реакций на ядрах ^{143}Nd и ^{147}Sm проводились в различных диапазонах энергий нейтронов /до 30 кэВ/, в том числе на фильтрованных пучках нейтронов со средней энергией 2 кэВ /Sc-фильтр/^{1,2/} и 24,5 кэВ /Fe-фильтр/^{3/}. Настоящая работа является продолжением исследований указанных реакций на резонансных фильтрах нейтронов в более высоком энергетическом диапазоне ~ 144 кэВ. Пучок нейтронов, полученный с помощью Si-фильтра на реакторе ВВР-М Института ядерных исследований АН УССР, Киев, имеет достаточно большую интенсивность при полуширине спектра порядка 20 кэВ. Это создает условия для измерения α -спектров реакции при энергии нейтронов ~ 144 кэВ и позволяет получить хорошее усреднение по резонансам /по тысячам резонансов/.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Схема эксперимента была такой же, как в предыдущих наших опытах^{2,3/}. Для получения нейтронов с энергией 144 кэВ использовался фильтр из монокристаллического кремния. При энергиях 144 и 55 кэВ у кремния наблюдаются глубокие интерференционные минимумы в полном нейтронном сечении^{4/}. Монокристаллический кремний кроме этого обладает еще и большой прозрачностью для тепловых нейтронов. Поэтому фильтр на основе монокристаллического кремния позволяет выделить из реакторного спектра нейтроны с энергиями 144, 55 кэВ и $\leq 0,5$ эВ. Тепловые нейтроны убираются из пучка с помощью добавки к фильтру карбида бора, а для очистки пучка от нейтронов с энергией 55 кэВ к фильтру добавляется титан. Для получения пучка тепловых нейтронов /в контрольном измерении спектра α -частиц/ из фильтра извлекался бор и добавлялся свинец /для уменьшения γ -фона/. Кроме того, снималась кадмиевая защита с детектора со стороны нейтронного пучка.

Использованный в измерениях фильтр состоял из 1140 мм Si, 15 мм Ti и $0,2 \text{ г/см}^2$ В, при диаметрах пучка на входе и выходе 45 и 38 мм соответственно. Спектр нейтронов на выходе фильтра имел среднюю энергию 144 кэВ с полушириной 20 кэВ. Интенсив-

ность нейтронов на мишени, находящейся на расстоянии ~ 1 м от выходного торца фильтра, $\sim 10^7$ н/с·см². Интенсивность быстрых нейтронов $\sim 1\%$ /по сравнению с нейтронами 144 кэВ/. Ввиду малости измеряемых эффектов при $E_n = 144$ кэВ было необходимо убедиться в "чистоте" нейтронного пучка, т.е. в том, что в пучке отсутствуют тепловые нейтроны. С этой целью было проведено измерение пропускания образца бора на пучке нейтронов с $E_n = 144$ кэВ. Образец представлял собой аморфный бор, заключенный в алюминиевый контейнер. Обогащение бора изотопом ¹⁰B составляло 85%, толщина образца = 0,905 г/см². Между образцом и детектором находилась система коллиматоров, формирующих пучок ϕ 38 мм. Детектором нейтронов служила ионизационная камера с литиевой мишенью в пучке. Полученный в результате измерений коэффициент пропускания образца хорошо согласуется с расчетным значением в предположении отсутствия тепловых нейтронов.

Измерения эффекта проводились сериями по ~ 20 часов, попеременно с измерениями фона и калибровкой сечения с помощью литиевой мишени. Фон измерялся путем установки в пучок дополнительного полиэтиленового фильтра толщиной 30 мм.

Основные данные об использованных мишенях и условиях экспериментов приведены в табл.1.

Таблица 1

| Мишень | Обогащение, % | Толщина, мг/см ² | Время измерения, ч |
|---|------------------|--------------------------------|-----------------------|
| ¹⁴³ Nd ₂ O ₃ | 95 | 0,5±0,05 | 57 |
| ¹⁴⁷ Sm ₂ O ₃ | 95,3 | 0,22±0,01 | 168 |

ОБРАБОТКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

Процедура обработки измерений реакции (n, α) на фильтрованных пучках нейтронов была изложена в работах [1-3]. На рис.1 в качестве примера показан экспериментальный спектр α -частиц из реакции ¹⁴³Nd(n, α)¹⁴⁰Ce. Альфа-спектры реакции на ядрах ¹⁴³Nd и ¹⁴⁷Sm после вычитания фона приведены на рис.2 и 3.

При разделении α -переходов в случае реакции ¹⁴⁷Sm(n, α)¹⁴⁴Nd форма α -линии бралась из реакции ¹⁴³Nd(n, α)¹⁴⁰Ce, поскольку в обоих измерениях этих реакций экспериментальные условия одинаковы, а различие в толщине мишеней ¹⁴³Nd и ¹⁴⁷Sm в нашем

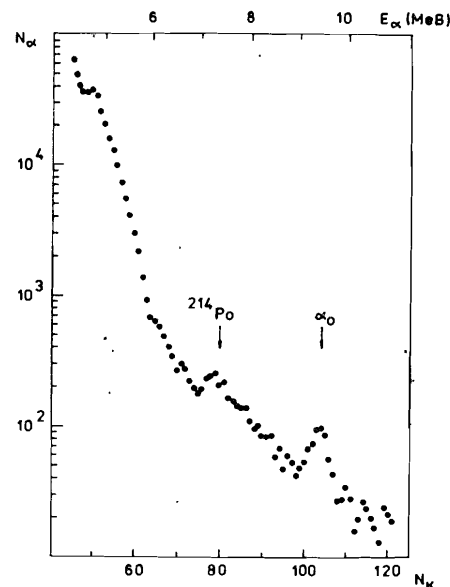


Рис.1. Амплитудный спектр α -частиц реакции ¹⁴³Nd(n, α)¹⁴⁰Ce.

Рис.3. Альфа-спектр реакции ¹⁴⁷Sm(n, α)¹⁴⁴Nd.

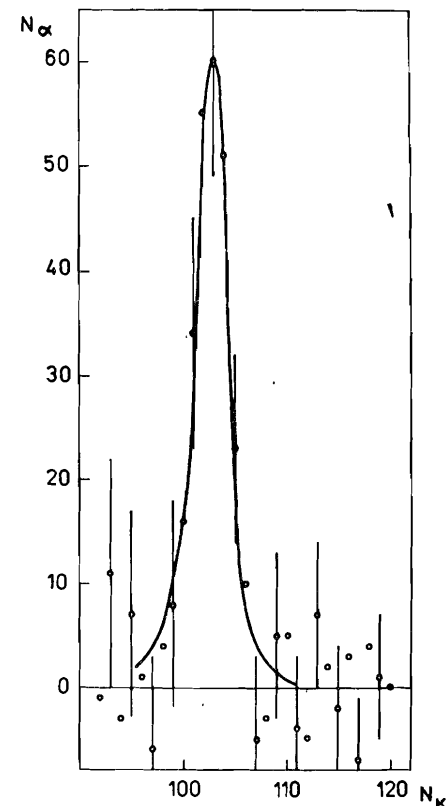
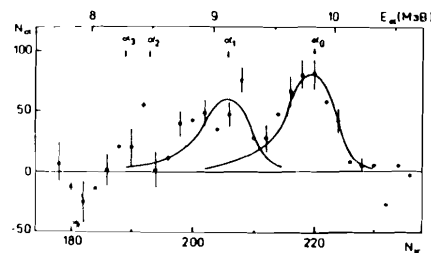


Рис.2. Альфа-спектр реакции ¹⁴³Nd(n, α)¹⁴⁰Ce.

случае практически не влияет на форму α -линий [2]. Подробно эта процедура изложена в работе [2].

Сечения исследуемых реакций (n, α) нормировались на сечение реакции ⁶Li(n, α)³T, равное 1 б при энергиях нейтронов $E_n = 144$ кэВ [4], и определялись по формуле:

$$\langle \sigma_{n,\alpha} \rangle = \frac{N_{\alpha f} n_{Li} t_{Li} \sigma_{n,\alpha}^{Li}}{N_{\alpha}^{Li} n_M t_M},$$

здесь $N_{\alpha f}$ - площадь α -пика для перехода в конечное состояние f дочернего ядра, n - толщина мишени /ядро/см²/, и t - время измерений.

Выделенные площади α -переходов и полученные из них сечения приведены в табл.2.

Таблица 2

| Ядро-мишень | α -переходы | N_{α} , площадь пика | σ_{n,α_f} , мкб | $\sigma_{n,\alpha}^S$, мкб | $\sigma_{n,\alpha}^*$, мкб |
|-------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ^{143}Nd | α_0 | 253±31 | 6,6±1,2 | 3,1±0,9 | 3,5±0,9 |
| | α_0 | 448±95 | 12,8±3,3 | | |
| ^{147}Sm | α_1 | 312±70 | 8,9±2,4 | | |
| | Σ_{α_f} | 856±153 | 24,5±5,6 | 6,5±1,9 | 4,3±0,8 |

В настоящем измерении при энергии нейтронов $E_n=144$ кэВ в сечения реакции (n, α) могут вносить существенный вклад р- и d-нейтроны. С целью сравнения с результатами, полученными в области низких энергий нейтронов, мы пытались определить долю сечений от s-нейтронов. На основании статистической теории ядерных реакций, используя данные о силовых функциях s-, p-, d-нейтронов для ядер ^{143}Nd /5/ и ^{147}Sm /6/, мы получили для этих ядер вклад s-нейтронов в общее сечение - $\sigma_{n,\alpha}^S$. В табл.2 наряду с $\sigma_{n,\alpha}^S$ приведены значения $\sigma_{n,\alpha}^*$, рассчитанные по данным в области низких энергий/7/, где учитываются только s-нейтроны. Оказалось, что статистическая теория ядра с предположением о постоянстве параметра $\langle \Gamma_{\alpha}/D \rangle$ неплохо описывает сечение реакции (n, α) в данном случае.

В предыдущих измерениях/1-3/ нам удалось получить отношение приведенных α -ширин для переходов в первое возбужденное и основное состояния дочернего ядра в реакции $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$: $\langle \gamma_{\alpha_1}^2 \rangle / \langle \gamma_{\alpha_0}^2 \rangle$. В то же время погрешности полученной величины в значительной степени обусловлены конечным числом /от десятка до сотни/ резонансов, по которым производилось усреднение. В настоящем исследовании спектр нейтронов через Si-фильтр захватывает большое число резонансов /~10³/, следовательно, ошибка определения отношения приведенных α -ширин зависит фактически только от статистики выходов α -частиц из реакции и энергетического разрешения спектрометра. К сожалению, в этом измерении статистическая точность оказалась недостаточной для проверки выводов справедливости статистической теории. Величи-

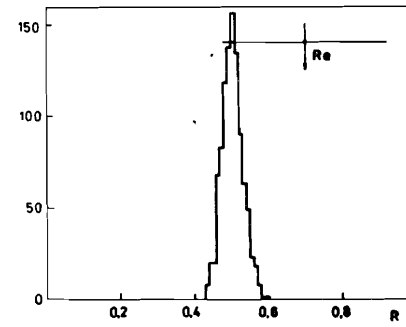


Рис.4. Результат розыгрыша по методу Монте-Карло распределения отношения выходов α -частиц в α_1 - α_0 -переходах ($R = N_{\alpha_1}/N_{\alpha_0}$). На рисунке также представлено экспериментальное значение R_e с ошибкой.

на указанного отношения равна $1,31 \pm 0,40$ и она не противоречит предыдущим результатам, а также общему выводу работы/8/. Это показано на рис.4, где представлен результат анализа выхода α -частиц из реакции $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$ на пучке кремниевого фильтра по методу, изложенному в работе/8/.

В заключение авторы благодарят В.А.Долгова и В.А.Мурзина за помощь при проведении измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вертебный В.П. и др. ОИЯИ, РЗ-11392, Дубна, 1978.
2. Анджеевски Ю. и др. ОИЯИ, РЗ-80-779, Дубна, 1980.
3. Анджеевски Ю. и др. ОИЯИ, РЗ-13013, Дубна, 1980.
4. Gaber B.I., Kinsey R.R. "Neutron Cross Section", vol.2, Curves, BNL-325, Third Ed., 1976.
5. De L.Musgrove A.R. Australian Atomic Energy Commission Report, 1977, E401.
6. Кононов В.Н. и др. - ЯФ, 1977, 26, вып.5.
7. Анджеевски Ю. и др. - ЯФ, 1980, 32, вып.6.
8. Анджеевски Ю. и др. ОИЯИ, РЗ-81-144, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 июля 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

| | | |
|----------------|---|-------------------------|
| Д7-83-644 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983. | 6 р.55 к. |
| Д2,13-83-689 | Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983. | 2 р.00 к. |
| Д13-84-63 | Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983. | 4 р.50 к. |
| Д2-84-366 | Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984. | 4 р.30 к. |
| Д1,2-84-599 | Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984. | 5 р.50 к. |
| Д10,11-84-818 | Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983. | 3 р.50 к. |
| Д17-84-850 | Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/ | 7 р.75 к. |
| Д11-85-791 | Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985. | 4 р.00 к. |
| Д13-85-793 | Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985. | 4 р.80 к. |
| Д4-85-851 | Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985. | 3 р.75 к. |
| Д3,4,17-86-747 | Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986. Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/ | 4 р.50 к. 13 р.50 к. |
| Д1,2-86-668 | Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/ | 7 р.35 к. |
| Д9-87-105 | Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/ | 13 р.45 к. |
| Д7-87-68 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986 | 7 р.10 к. |
| Д2-87-123 | Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986 | 4 р.45 к. |

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Анджеевски Ю. и др.

P15-87-530

Исследование реакций $^{143}\text{Nd}(n,\alpha)^{140}\text{Ce}$ и $^{147}\text{Sm}(n,\alpha)^{144}\text{Nd}$ при энергии нейтронов 144 кэВ

Проведены первые измерения α -спектров реакций (n,α) на ядрах ^{143}Nd и ^{147}Sm для квазиодноэнергетических нейтронов с энергией 144 кэВ, полученных с помощью кремниевого фильтра. Измерены усредненные сечения указанных реакций, равные $6,6 \pm 1,2$ мкб и $24,5 \pm 5,6$ мкб соответственно. В случае ^{147}Sm определено отношение приведенных α -ширин переходов на первое возбужденное и основное состояние, которое равно $1,31 \pm 0,40$. Показано, что полученные результаты не противоречат статистической теории ядерных реакций.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ и в Институте ядерных исследований АН УССР.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Andzejewski J. et al.
Investigation of the $^{143}\text{Nd}(n,\alpha)^{140}\text{Ce}$ and $^{147}\text{Sm}(n,\alpha)^{144}\text{Nd}$ Reaction at 144 keV Neutron Energy

P15-87-530

Alpha-spectra from the (n,α) reaction on the ^{143}Nd and ^{147}Sm nuclei were measured at a neutron energy of 144 keV achieved by using the Si-filter. Averaged cross sections were obtained to be (6.6 ± 1.2) μb and (24.5 ± 5.6) μb , respectively. For the $^{147}\text{Sm}(n,\alpha)^{144}\text{Nd}$ reaction the ratio of reduced α -widths of transitions to the first excited and ground states was found to be 1.31 ± 0.40 . The obtained results do not contradict with the statistical theory.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR and at the INR of the Ukrainian Academy of Sciences.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987