

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

A 65

P3-87-742

Ю. Анджеевски, Во Ким Тхань

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОННЫХ
И РАДИАЦИОННЫХ СИЛОВЫХ ФУНКЦИЙ
С ПОМОЩЬЮ (n, α) -РЕАКЦИИ**

1987

ВВЕДЕНИЕ

До настоящего времени получение нейтронных и радиационных силовых функций для нейтронов с большими моментами $l > 0$ остается актуальным вопросом. Для определения р- и d-волновых силовых функций используются, в основном, данные по изолированным резонансам и по нейтронным сечениям, усредненным по многим резонансам в килоэлектронвольтовой области энергии нейтронов /усредненным полным сечениям и усредненным сечениям радиационного захвата нейтронов/. Но эти методы не всегда позволяют получить взаимно согласующиеся результаты. Так, значение нейтронной силовой функции S_1 для ^{147}Sm по данным^{/1/} в 6 раз меньше аналогичного значения из работы^{/2/}, а радиационной силовой функции $S_{\gamma 1}$ - в 3 раза. В целом в настоящее время не хватает данных и недостаточна надежность полученных значений указанных величин для ряда ядер.

Полученные в последнее время данные по усредненным сечениям (n, α) -реакции в кэвной области^{/3-5/} представляют собой новый возможный источник информации для определения нейтронных силовых функций. В настоящей работе описываются методика анализа данных по (n, α) -реакции для определения вышеуказанных величин и первые результаты для ядер ^{143}Nd и ^{147}Sm .

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

Силовые функции получаются из усредненных сечений (n, α) -реакции посредством разложения экспериментальной кривой на парциальные компоненты сечений на основе их различной энергетической зависимости от энергии нейтронов. Аналогично случаю (n, γ) -реакции можно записать сечение (n, α) -реакции для нейтронов с моментом l , усредненное по многим резонансам следующим:

$$\langle \sigma_{n,\alpha}^l \rangle = \frac{2\pi^2}{k^2} \sum_J g_J \frac{\langle \Gamma_\alpha^J \rangle}{D_J} \frac{\langle \Gamma_n^J \rangle}{\langle \Gamma^J \rangle} F.$$

Используя термины силовых функций, это выражение можно привести к виду

$$\langle \sigma_{n\alpha}^{\ell} \rangle = \frac{2\pi^2}{k^2} \langle \frac{\Gamma_{\alpha}}{D} \rangle_{\ell} \frac{(2\ell+1)S_{\ell} v_{\ell} \sqrt{E_n}}{(2\ell+1)S_{\ell} v_{\ell} \sqrt{E_n} + S_{\gamma\ell}} F.$$

Здесь использованы общепринятые обозначения, в том числе:

$$S_{\ell} = \frac{\langle \Gamma_n \rangle}{v_{\ell} \sqrt{E_n} D_J \sum_J g_J \epsilon_{IJ}} = \frac{\langle \Gamma_n \rangle}{(2\ell+1) D_J v_{\ell} \sqrt{E_n}},$$

$$S_{\gamma\ell} = \frac{g_J \langle \Gamma_{\gamma}^J \rangle}{D_J},$$

$$\epsilon_{IJ} = \begin{cases} 2, & \text{если } |J-I| \leq \ell + \frac{1}{2} \leq J+I, \\ 1, & \text{если } |J-I| \leq \ell + \frac{1}{2}, \text{ или } \ell - \frac{1}{2} \leq J+I, \\ 0 & \text{во всех остальных случаях,} \end{cases}$$

$$\sum_J g_J \epsilon_{IJ} = (2\ell+1),$$

$$v_0 = 1, \quad v_1 = k^2 R^2 / (1 + k^2 R^2),$$

$$v_2 = k^4 R^4 / (9 + 3k^2 R^2 + k^4 R^4),$$

F - фактор, усреднения для (n, α)-реакции, как показано в работе /8/, с относительной точностью ~10⁻⁴ совпадает с фактором для (n, γ)-реакции.

$$\langle \frac{\Gamma_{\alpha}}{D} \rangle_{\ell} = \sum_{J(\ell)} g_J \frac{\langle \Gamma_{\alpha}^J \rangle}{D_J} - \text{усредненный параметр (n, α)-реакции}$$

- отличается от силовой функции для α-частиц только множителем - проникаемостью α-частиц /3/.

Выражение усредненного сечения получено с тремя предположениями:

1. Канал неупругого рассеяния запрещен /или пренебрежимо мал/.

2. Параметр $\langle \Gamma_{\alpha} / D \rangle_{\ell}$ не зависит от ℓ и энергии нейтронов. С точностью порядка 10% этот параметр одинаков для случаев s-, p- и d-нейтронов /отличие связано с разницей суммарных проникаемостей α-частиц, испускаемых из состояний с разными J(ℓ)/.

3. Фактор усреднения F для (n, α)-реакции, так же, как и для (n, γ)-реакции, не зависит от ℓ.

В области энергии нейтронов до сотни килоэлектронвольт вклад в сечение (n, α)-реакции вносят, в основном, s-, p- и d-нейтроны. Поэтому полное усредненное сечение реакции можно записать как сумму этих парциальных сечений:

$$\langle \sigma_{n,\alpha} \rangle = \langle \sigma_{n,\alpha}^0 \rangle + \langle \sigma_{n,\alpha}^1 \rangle + \langle \sigma_{n,\alpha}^2 \rangle.$$

Задача получения нейтронных силовых функций сводится к разложению экспериментальных полных сечений на три парциальных сечения, каждое из которых имеет свой набор силовых функций /S_ℓ и S_{γℓ}/. Анализ экспериментальных данных производится с помощью метода нахождения минимума χ² и максимума функции правдоподобия /по программе FUMILI на ЭВМ CDC-6500 ОИЯИ/.

До настоящего времени накапливались экспериментальные данные по усредненным сечениям (n, α)-реакции, больше всего для ядер ¹⁴³Nd и ¹⁴⁷Sm до энергии нейтронов 144 кэВ /3-5/. Поэтому первая попытка применения указанной методики относится к этим ядрам. Кроме того, поскольку экспериментальные данные по усредненным сечениям (n, α)-реакции не очень богаты и данные по S₀ и S_{γ0} достаточно надежны /7/, то в этой работе проводится анализ для получения наборов силовых функций лишь для p- и d-нейтронов: S₁, S_{γ1} и S₂, S_{γ2}. Приведенные в таблице оценки искомым величин определены для минимального значения χ². Они изменяются не более чем в 1,5 раза при изменении значения χ² на 33%. Для анализа данные по усредненным сечениям (n, α)-реакции взяты из работ /3-5/, а S₀ и S_{γ0} - из компиляции /7/. В таблице для сравнения также приведены результаты других авторов, полученные другими методами.

Таблица

Ядро	Силовые функции	Настоящая работа /10 ⁻⁴ /	Другие работы /10 ⁻⁴ /
¹⁴³ Nd	S ₁	0,4	1,0 ± 0,4 /8/
	S ₂	0,8	
	S _{γ1}	6	9 /8/
	S _{γ2}	3	
¹⁴⁷ Sm	S ₁	0,1	0,1 /1/; 0,58 /2/
	S ₂	2	1,29 ± 0,28 /1/
	S _{γ1}	20	14,6 ± 9,4 /1/
	S _{γ2}	1	4,7 ± 2,2 /1/

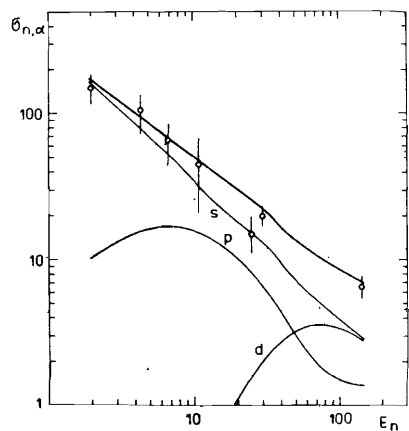


Рис.1. Сечение реакции $^{143}\text{Nd}(n, \alpha)^{140}\text{Ce}$. E_n - энергия нейтронов в кэВ; $\sigma_{n, \alpha}$ - сечение (n, α) -реакции в мкб.

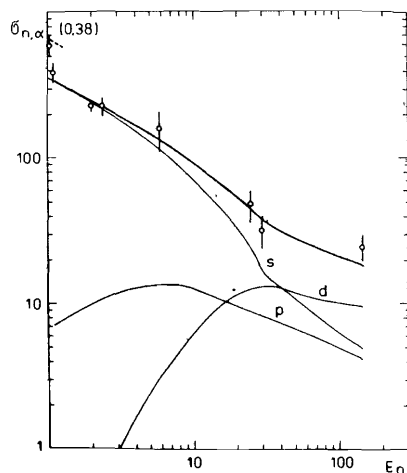


Рис.2. Сечение реакции $^{147}\text{Sm}(n, \alpha)^{144}\text{Nd}$. E_n - энергия нейтронов в кэВ; $\sigma_{n, \alpha}$ - сечение (n, α) -реакции в мкб; /0,38/ - экспериментальная точка сечения при $E_n = 0,38$ кэВ.

На рис.1 и 2 показан ход сечения (n, α) -реакции для ядер ^{143}Nd и ^{147}Sm с наилучшими оптимальными параметрами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из полученных результатов видно, что исследование усредненных сечений (n, α) -реакции в принципе дает возможность получить p- и d-волновые силовые функции. К сожалению, в настоящее время экспериментальные данные недостаточны как по количеству измеренных энергетических интервалов, так и по точности. Поэтому были определены лишь оценки указанных параметров. Однако следует заметить, что еще не было измерений в интервале энергии нейтронов от 30 до 140 кэВ, где, как показано на рисунках, возможно получение информации о вкладе нейтронов с разными парциальными волнами. И хотелось бы надеяться, что на основе предлагаемой методики расширение исследуемых диапазонов энергии нейтронов и повышение точности экспериментов по (n, α) -реакции позволит получить более надежные результаты.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Ю.П.Попову за постоянный интерес к работе и полезные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононов В.Н. и др. - ЯФ, 1977, 26, в.5, с.947.
2. Musgrove A.R. Del. AAEC/E277, 1973.
3. Анджеевски Ю. и др. - ЯФ, 1980, 32, в.6, с.1496.
4. Попов Ю.П. и др. - ЯФ, 1980, 32, в.4, с.839.
5. Анджеевски Ю. и др. ОИЯИ, РЗ-87-568, Дубна, 1987.
6. Во Ким Тхань и др. ОИЯИ, РЗ-12755, Дубна, 1979.
7. Mughabhab S.F. et al. Neutron Cross Sections, vol.1, Academic Press, 1981.
8. Musgrove A.R. Del. et al. - In.: Conf. "Neutron Physics and Nuclear Data for Reactors". Harwell-1978, AAEC/E401, 1977, p.449.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 октября 1987 года.

Анджеевски Ю., Во Ким Тхань

P3-87-742

Определение нейтронных и радиационных силовых функций с помощью n, α -реакции

Описана методика получения нейтронных силовых функций из усредненных сечений n, α -реакции на основе разложения экспериментальной кривой сечения на вклады нейтронных парциальных волн. Применение данной методики для ядер ^{143}Nd и ^{147}Sm дало предварительные значения их нейтронных и радиационных функций.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Andrzejewski Yu., Vo Kim Thanh

P3-87-742

Determination of the Neutron and Radiative Strength Functions by Using (n, α) Reaction

The method for determining the neutron strength functions by using averaged cross sections of the (n, α) reaction is described. The preliminary values of the neutron and radiative strength functions for ^{143}Nd and ^{147}Sm nuclei have been obtained.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987