

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЛНОВОЙ ФУНКЦИИ ${}^7\text{Li}\{\alpha t\}$ НА ${}^5\text{He}\{\alpha n\}+d$ КЛАСТЕРНЫЙ КАНАЛ. II РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Н.В. Афанасьева

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, НИИЭТФ, Алматы

В рамках двухтельной  $\alpha t$ -модели ядра  ${}^7\text{Li}$  рассчитаны спектроскопические  $S_d$ -факторы отделения дейтронов в канале  ${}^5\text{He} + d$  с использованием различных моделей волновой функции ядра  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$ , приводится сравнение с расчетами, проведенными ранее в рамках многочастичной модели оболочек (ММО).

В работе [1] был представлен математический формализм построения волновых функций (ВФ) относительного движения и расчета спектроскопических  $S_d$ -факторов отделения дейтронов в канале  ${}^5\text{He} + d$ .

В настоящей работе представлены результаты численных расчетов ВФ относительного движения и спектроскопических  $S_d$ -факторов отделения дейтронов в канале  ${}^5\text{He}\{\alpha n\} + d$ .

Для построения радиальных ВФ относительного движения ядра  ${}^5\text{He}$  и  $d$  методом проектирования и расчетов спектроскопических  $S_d$ -факторов отделения дейтронов в канале  ${}^5\text{He} + d$  использовались радиальные ВФ ядра  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$  в различных моделях [2]:

1) ВФ ядра  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$ , полученная в рамках метода резонирующих групп (МРГ) [3]:

$$R(r) = N \cdot r \left[ \exp\left(-\frac{2}{5}\eta\alpha r^2\right) + c \cdot \exp\left(-\frac{2}{5}\xi\alpha r^2\right) \right], \quad (1)$$

где  $\alpha = 0,514 \text{ фм}^{-2}$ ,  $\eta = 0,20$ ,  $\xi = 0,84$ ,  $c = 0,344$ ,  $\vec{r} = \vec{R}_\alpha - \vec{r}_n$ ,  $N = 0,052342$  – нормировочный коэффициент. В дальнейшем будем ссылаться на данную функцию (1) как на модель I.

2) Аппроксимированная кластерная ВФ рассеяния в  $\alpha n$ -канале:

$$R_{\alpha n} = r \sum_i C_i \exp(-\beta_i r^2). \quad (2)$$

Коэффициенты  $C_i$ ,  $\beta_i$  ВФ (2) приведены в работе [2]. Далее будем ссылаться на данную функцию (2) как на модель II.

Также в расчетах для описания дейтрона была использована ВФ Рейда с 5-компонентной параметризацией Альбери, для трития использовалась одна из ВФ МРГ-модели [4;5], а для описания ядра  ${}^7\text{Li}\{\alpha t\}$  – кластерная ВФ, параметры которой были взяты из работы [6].

На рис. 1–3 представлены ВФ относительного  ${}^5\text{He} + d$ -движения ( $S$ - и  $D$ -волны), построенные с использованием моделей I и II ВФ ядра  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$ .

С полученными ВФ относительного движения были проведены расчеты соответствующих спектроскопических  $S_d$ -факторов отделения дейтронов в канале  ${}^5\text{He} + d$ . Результаты расчетов, а также соответствующие веса  $S$ - и  $D$ -компонент ВФ относительного движения приведены в таблице 1. Также в таблице 1 для сравнения приводятся результаты расчетов  $S_d$ -факторов отделения дейтронов в канале  ${}^5\text{He} + d$ , проведенные ранее в рамках ММО [7].

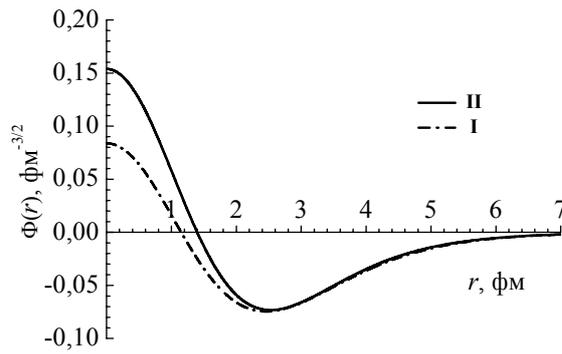


Рис. 1. Волновые функции относительного движения в канале  ${}^5\text{He}+d$  для моделей I и II ВФ ядра  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$ .  $S$ -волна

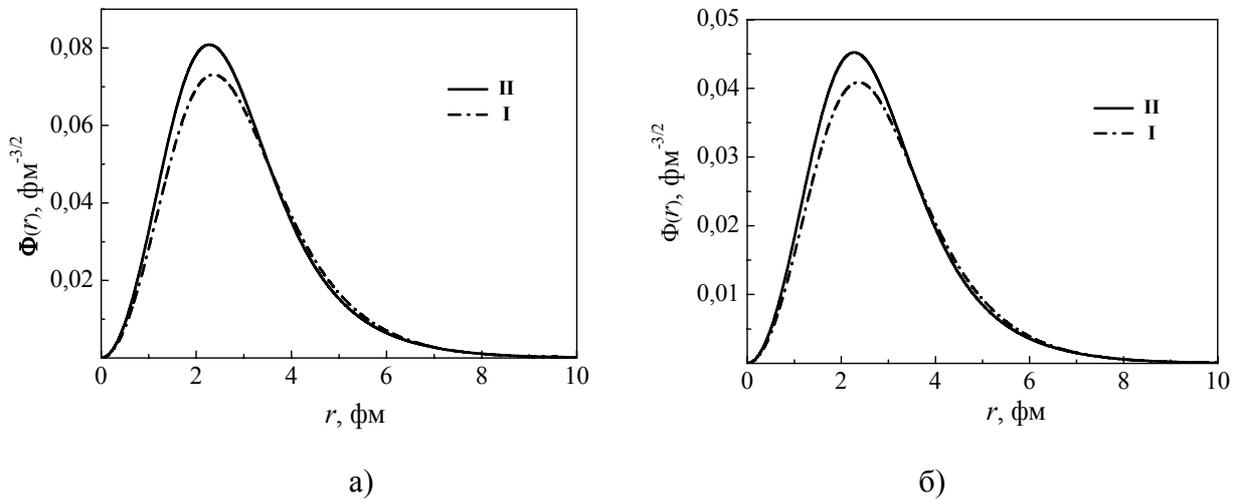


Рис. 2. Волновые функции относительного движения в канале  ${}^5\text{He}+d$  для моделей I и II ВФ ядра  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$ . а –  $D_{1/2}$ -волна; б –  $D_{3/2}$ -волна

Таблица 1 – Результаты расчетов спектроскопических  $S_d$ -факторов для канала  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}+d$

Модель	$S_0$	$S_2$	$P_S, \%$	$P_D, \%$
I	0,393	0,290	57,54	42,46
II	0,372	0,315	54,15	45,85
Расчет ММО [7]	0,817	0,670	54,9	45,1

Как видно из рис. 1 и 2,  $S$ -волна радиальной ВФ относительного движения в канале  ${}^5\text{He}+d$  имеет узел: для модели I – при  $r = 1,14$  фм, для модели II – при  $r = 1,38$  фм.  $D$ -волны радиальной ВФ относительного  ${}^5\text{He}+d$ -движения узла не имеют. Данная ситуация находится в хорошем согласии с трансляционно-инвариантной моделью оболочек (ТИМО).

В целом, численные значения волновых функций относительного  ${}^5\text{He}+d$ -движения, полученные для модели I, немного меньше значений, полученных с использованием модели II ВФ ядра  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$ .

Поясним теперь качественно получившиеся значения  $S_d$ -факторов для канала  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}+d$ . Как следует из определения спектроскопического  $S$ -фактора - это интеграл от

квадрата модуля соответствующей радиальной канальной функции относительного движения [1], т.е.

$$S = \int |\Psi(\vec{\rho})|^2 \rho^2 d\rho. \quad (3)$$

В этом контексте приведем соответствующие графики подынтегральных выражений согласно определению (3) – рисунки 3 и 4.

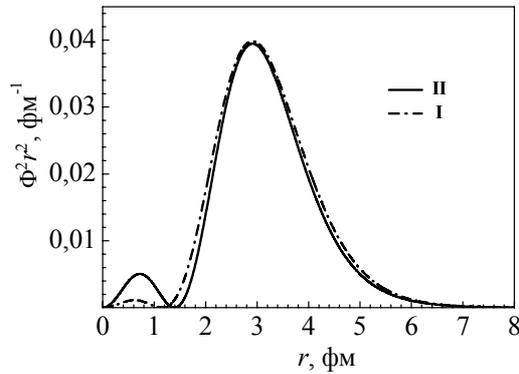


Рис. 3. Квадрат ВФ относительного движения в канале  ${}^5\text{He} + d$  для моделей I и II ВФ ядра  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$ .  $S$ -волна

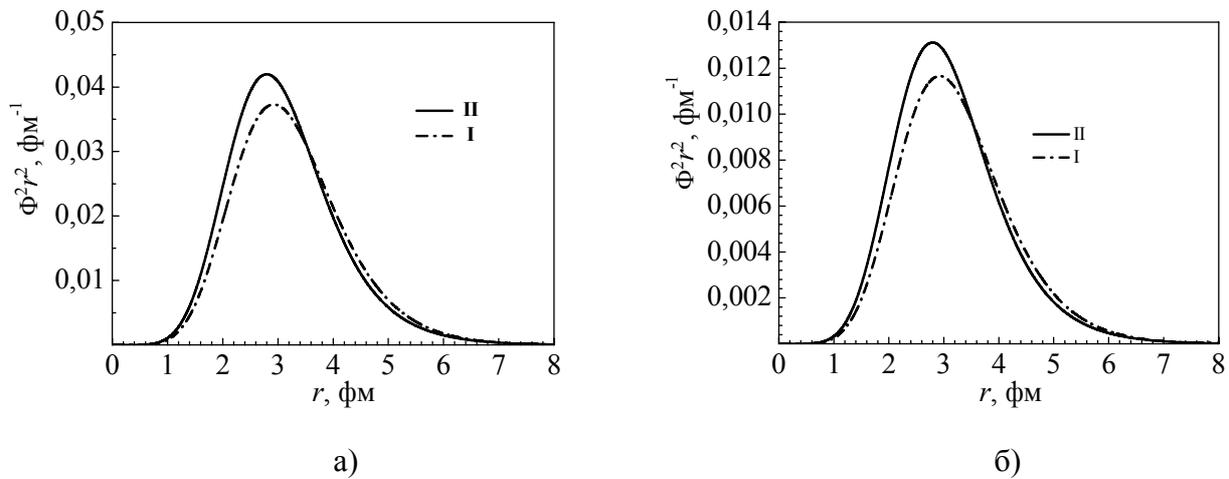


Рис. 4. Квадрат ВФ относительного движения в канале  ${}^5\text{He} + d$  для моделей I и II ВФ ядра  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$ . а –  $D_{1/2}$ -волна; б –  $D_{3/2}$ -волна

Из рис. 3 и 4 видно, что в случае  $S$ -волны численные значения подынтегральной ВФ для модели I выше, чем для модели II, а в случае  $D$ -волны наблюдается обратная ситуация. Это наглядным образом отражается на величине соответствующих спектроскопических  $S_d$ -факторов (таблица 1): для модели I величина  $S_0$  выше, чем для модели II, а значение  $S_2$ , наоборот, для модели I меньше, чем для модели II.

Если сравнивать полученные значения спектроскопических  $S_d$ -факторов для канала  ${}^5\text{He} + d$  со значениями, полученными ранее в рамках ММО, то они примерно в два раза меньше. Интерпретировать такие результаты можно как указание на заметный вклад канала

${}^7\text{Li}\{\alpha t\} \rightarrow d+{}^5\text{He}\{dt\}$ . В этой связи становится актуальным в дальнейшем провести расчеты спектроскопических  $S_d$ -факторов для канала  ${}^5\text{He}+d$  с учетом  $dt$ -конфигурации ядра  ${}^5\text{He}$  и сравнить их с теми, что были получены в настоящей работе и работе [7].

### Литература

1. Афанасьева Н.В., Буркова Н.А., Жаксыбекова К.А. Проектирование волновой функции  ${}^7\text{Li}\{\alpha t\}$  на  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}+d$  кластерный канал. I Элементы формализма. // Настоящий сборник.
2. Афанасьева Н.В., Буркова Н.А., Жаксыбекова К.А., Уразалин А.А. Виртуальный канал распада  ${}^7\text{Li} \rightarrow {}^5\text{He}+d$ . // Вестник КазНУ. Сер. Физ. 2010. №4(35), с. 3-8.
3. Сахиев С. Исследование кластерной структуры ядра  ${}^9\text{Be}$  в низкоэнергетических ядерных процессах. Дис. ... кандидата физ.-мат. наук. – Алматы: КазНУ, 1998.
4. Вильдермут К., Тан Я. Единая теория ядра. - М.: Мир, 1980. 502 с.
5. Дубовиченко С.Б., Жусупов М.А. Кластерные волновые функции в методе резонирующих групп. // Изв. АН КазССР. Сер. физ.-мат. 1987. №4. С. 64-74.
6. Дубовиченко С.Б. Астрофизические S-факторы радиационного  ${}^3\text{He}^4\text{He}$ ,  ${}^3\text{H}^4\text{He}$  и  ${}^2\text{H}^4\text{He}$ -захвата. // Ядерная физика, 2010. Т. 73. №9. с.1573-1584.
7. Бояркина А.Н. Структура ядер 1p-оболочки. Москва: Изд. МГУ, 1973 г. 62 с.

## **${}^5\text{He}\{\alpha n\}+d$ КЛАСТЕРЛІ КАНАЛЫНА ${}^7\text{Li}\{\alpha t\}$ ТОЛҚЫНДЫҚ ФУНКЦИЯСЫН ПРОЕКТИЛЕУІ. II ЕСЕПТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ**

**Н.В. Афанасьева**

${}^7\text{Li}$  ядросының  $\alpha t$  жобасы негізінде әр түрлі  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$  ядросының үлгілерімен спектроскопиялық  $S_d$ -факторлары есептелінді. Бұған дейінгі белгілі теориялық есептеулермен салыстыру келтірілген.

## **PROJECTION OF THE ${}^7\text{Li}\{\alpha t\}$ WAVE FUNCTION ON THE ${}^5\text{He}\{\alpha n\}+d$ CLUSTER CHANNEL. II RESULTS OF CALCULATIONS**

**N.V. Afanasyeva**

Within the  $\alpha t$ -model for  ${}^7\text{Li}$  nucleus spectroscopic  $S_d$ -factors of deuterons separation have been calculated by using different  ${}^5\text{He}\{\alpha n\}$  wave function models. A comparison with available theoretic calculations performed within the multiparticle shell model is given.