

УДК 531.1

DOI: 10.17223/00213411/63/4/104

С.К. АБДУЛВАГАБОВА<sup>1</sup>, И.К. ЭФЕНДИЕВА<sup>2</sup>

## ВЫБИВАНИЕ ПРОТОНАМИ НУКЛОННЫХ КЛАСТЕРОВ С УЧЕТОМ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ФРАГМЕНТОВ

На основе кластерной модели ядра исследуются процессы выбивания нуклонных кластеров протонами. Получено выражение для сечения с учетом возбужденных состояний кластеров. На основе такого подхода рассчитаны эффективные сечения прямых ( $p, t$ ) реакций для некоторых редкоземельных ядер. Показано, что учет возбужденных состояний кластеров весьма важен, так как их вклад занижает значение эффективного сечения.

**Ключевые слова:** рассеяние, возбужденные состояния, матричный элемент, нуклонный кластер, эффективное сечение.

### Введение

Кластерная модель была развита на том основании, что ядра иногда ведут себя как молекулы, состоящие из фрагментов нуклонов [1–3]. В кластерной модели структура ядра представляется в виде различных конфигураций нуклонов и кластеров, состоящих из нескольких частиц. Кластерная модель позволяет свести выражение волновой функции многонуклонного ядра к выражению одночастичной волновой функции составляющих его кластеров. Энергия связи кластера относительно мала и этот факт позволяет развивать теорию обработки состояний континуума так же точно, как и связанных состояний.

Взаимодействие кластеров с остальными нуклонами ядра описывается реалистичными взаимодействиями с помощью различных методов. Реалистичные взаимодействия обычно характеризуются двухчастичными потенциалами, и они не только описывают свойства основного состояния, но и предсказывают возникновение гораздо более выраженных кластерных структур [4]. На основе реалистичного нуклон-кластерного взаимодействия можно учитывать вклад низколежащих возбужденных состояний ядер, так как при средних и промежуточных энергиях налетающей частицы обычно происходит возбуждение низколежащих состояний системы.

В работе [5] рассматривались процессы с выбиванием нуклонных кластеров в высокоэнергетическом приближении с плоскими волнами. Было показано, что при высоких энергиях и больших передаваемых импульсах можно получить волновую функцию взаимного движения кластеров и остаточного ядра. Кроме того, кластеры рассматривались только в основных состояниях. В данной работе получено выражение для сечения выбивания протоном нуклонного кластера с учетом возбужденных состояний кластеров. Особенность заключается в том, что конкуренция каналов распада, связанных с возбужденными состояниями, сильно меняется по сравнению со случаем, когда учитывается только основное состояние.

### Выражение для матрицы перехода

Представим, что ядро  $A$  состоит из двух кластеров  $A_1$  и  $X$  ( $A = A_1 + X$ ) и на ядро налетает протон. Протон, захватив кластер  $X$ , вылетает, и возникает ядро  $B$ , где  $B = A_1$ . Кинематика прямых ядерных реакций показывает, что происходит прямое взаимодействие налетающего протона с кластером. При энергиях протона в десятки мегаэлектронвольт взаимодействие протона с кластером  $X$  происходит на периферии ядра. При высоких энергиях протона, примерно от 200 МэВ до 1 ГэВ (при энергиях выше 1 ГэВ происходит мезообразование, и задача усложняется), взаимодействие происходит внутри ядра. Это дает возможность изучить структуру внутренней области ядра и получить информацию о нуклон-нуклонных корреляциях [6].

Волновая функция системы  $A$  из двух кластеров записывается в виде произведения внутренних функций кластеров  $\Psi_{A_1}(\xi_{A_1})$  и  $\Psi_X(\xi_X)$  на функцию их взаимного движения  $\Psi_{A_1 X}(\rho)$  в связанном состоянии

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>