

ОПИСАНИЕ РАССЕЙЯНИЯ ПРОТОНОВ И НЕЙТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 14 МЭВ НА ЯДРЕ ОЛОВО

Х.Ш. АБДУЛЛАЕВ, Г.Д. ТРУХАНОВ, Г.А. ТУРАБОВА, О.Ш. БАГИРОВА

Бакинский Государственный Университет

Баку / АЗЕРБАЙДЖАН

РЕЗЮМЕ

На основе изотопического формализма полумикроскопического подхода к описанию взаимодействия нуклонов низких энергий с ядрами применена схема анализа изоспиновой структуры неупругих переходов в ядрах при совместном описании неупругого рассеяния протонов и нейтронов на одном и том же ядре мишени. Проведены вычисления сечений упругого и неупругого рассеяния протонов и нейтронов с энергией 14 МэВ на ядре Sn^{118} .

Ключевые слова: рассеяние, протон, нейтрон, ядро

DESCRIPTION OF 14 MEV PROTON AND NEUTRON SCATTERING ON Sn^{118} NUCLEUS

ABSTRACT

Basing on the isospin formalism of the semi-microscopic approach to the description of low-energy nucleon-nucleus interaction we apply a method for analysis of the isospin structure of inelastic transitions in nuclei in the combined description of proton and neutron inelastic scattering on the same target nucleus. The elastic and inelastic scattering cross sections are calculated for the interactions of 14 MeV protons and neutrons on Sn^{118} nucleus.

Key words: refraction, proton, neutron, nuclei

Введение

Совместный анализ неупругого рассеяния протонов и нейтронов низких энергий на одном и том же ядре дает возможность извлекать информацию об изоспиновой структуре неупругих переходов в ядрах. Стандартный подход к решению этой проблемы основан на использовании макроскопического метода связанных каналов (МСК), которому присущ ряд недостатков: большое число свободных параметров, неучет эффектов антисимметризации, отсутствие связи с полумикроскопическими ядерными моделями. В работе [1] на основе полумикроскопического подхода (ПМП) к описанию взаимодействия нуклонов низких энергий с ядрами развит полумикроско-

пический подход, свободный от указанных недостатков. В формализме полумикроскопического подхода оптические потенциалы (ОП) и формфакторы неупругих переходов в замкнутой форме выражаются через эффективные нуклон-нуклонные силы, плотность распределения вещества в ядре и переходные плотности.

В настоящей работе представлен изотопический формализм ПМП, где протонные и нейтронные формфакторы неупругих переходов выражены через соответствующие переходные плотности. Проведены вычисления угловых распределений протонов и нейтронов с энергией 14 МэВ, упруго и неупругорассеянных ядром Sn^{118} и получена при сравне-

нии с экспериментальными данными информация о различиях в протонных и нейтронных переходных плотностях.

Метод расчета

Применим развитый в работе [2] формализм к анализу упругого и неупругого рассеяния протонов с энергией 14 МэВ и нейтронов с энергией 14,3 МэВ на ядре Sn¹¹⁸. Экспериментальные сечения упругого и неупругого рассеяния протонов взяты соответственно из работ [3,4], а сечения нейтронов – из работ [5,6].

Рассмотрим схему расчета. В качестве независимой от плотности распределения вещества в ядре части эффективных нуклон-нуклонных сил используем силы Вильдермута-Шмидта [7], успешно применявшиеся для описания свободного NN и αα-рассеяния, а также кластерных свойств легких ядер. Плотностный член в эффективном взаимодействии возьмем в следующем виде:

$$V_{\rho}(r,r') = d\rho \left(\frac{r+r'}{2} \right) \delta(r-r') \quad (1)$$

Таким образом, построенные эффективные нуклон-нуклонные силы были успешно использованы при описании упругого и неупругого рассеяния протонов низких энергий на группе ядер в рамках ПМП [1,7], а также в едином полумикроскопическом анализе упругого и неупругого рассеяния протонов и α-частиц на ядре мишени Zr⁹⁰ [2]. Параметр d, значения которого находились из наилучшего описания упругого рассеяния, оказался универсальным параметром. Для большой группы ядер (от ²⁰Ne до ²⁰⁸Pb) отклонение его значения не превысило 15%. В настоящей работе используется значение d=750 МэВ. Ф⁶ [8].

Плотность распределения протонов в ядре Sn¹¹⁸ возьмем в форме [9]:

$$\rho_p(r) = \rho_0 \left(1 + \omega(r/c) / 1 + \exp\left\{ (r^2 - c^2) / Z^2 \right\} \right) \quad (2)$$

Для параметров ω, c, z используем значения, полученные из анализа упругого рассеяния электронов на Sn¹¹⁸ [10]:

$$\omega = 0,272, \quad c = 5,062 \text{ Ф}, \quad z = 2,625 \text{ Ф}.$$

Пренебрегая различиями в «геометрии» протонного и нейтронного распределений, будем иметь:

$$\rho_n(r) = \frac{N}{Z} \rho_p(r) \quad (3)$$

Предполагая коллективный характер возбуждения нижних состояний в ядре Sn¹¹⁸ используем для переходных плотностей модель Тасси:

$$\rho_{i\lambda}(2) \sim \beta_{i\lambda} r^{\lambda-1} \frac{d\rho_i(r)}{dr}, \quad i = p, n$$

По формулам [8] с использованием (2), (3) были рассчитаны вещественные части ОП и формфакторы неупругих переходов первого порядка для протонов с энергией 14 МэВ и нейтронов с энергией 14,3 МэВ. Полученные величины использовались далее для расчета дифференциальных сечений упругого и неупругого рассеяния протонов на Sn¹¹⁸ и анализа экспериментальных данных.

В оптико-модельном анализе упругого рассеяния помимо вещественной части ОП использовались предписания оптической модели в случае протонов и нейтронов соответственно из работ [6,7]. В настоящей работе все параметры ОП, за исключением параметров W и W_s варьировались при описании экспериментальных угловых распределений, и их значения в результате несколько отличаются от значений параметров W и W_s из [7]. Значения параметров ОП, использованные в расчете, приведены в таблице 1.

N	W, МЭВ	W _s , МЭВ	R _w , Ф	α _w , Ф	V _{so} , МЭВ	R _{so} , Ф	α _{so} , Ф
P	2,03	8,12	1,24	0,92	5,04	1,21	0,73
N	3,0	5,01	1,3	0,73	6,07	1,15	0,71

Таблица 1.

Параметры $\beta_{i\lambda}$ ($\lambda=2,3$) входящие в (3) находились из оптического описания угловых распределений неупругорассеянных протонов и нейтронов.

Результаты и обсуждения

Результаты вычислений по оптической модели ядра в рамках полумикроскопического МСК сечений упругого и неупругого рассеяния протонов с энергией 14 МэВ и нейтронов с энергией 14,3 МэВ на ядре Sn^{118} приведены на рис.1-4 вместе с экспериментальными данными. Обсудим результаты расчета.

Из рис.1 и 2 можно видеть, что получено в целом хорошее описание упругого рассеяния протонов и нейтронов на одном и том же ядре мишени с одним и тем же эффективным нуклон-нуклонным взаимодействием, зависящим от плотности распределения вещества в ядре. В отличие от оптико-модельного стандартного расчета в настоящем полумикроскопическом расчете отсутствуют шесть свободных параметров (по три параметра вещественной части ОП для протонов и нейтронов). Достигнутое качество описания экспериментальных сечений упругого рассеяния свидетельствует о том, что полумикроскопические расчеты адекватно воспроизводят как изоскалярную, так и изовекторную часть ОП. Отметим, что включение связи каналов (рис. 1 и 2) приводит к заметному улучшению качества описания экспериментальных данных. Дальнейшее улучшение согласия с экспериментальными угловыми распределениями полумикроскопических расчетов может быть также достигнуто путем варьирования «геометрических» параметров для протонов и нейтронов.

$E_x=1315$ КэВ. Из рис.3 можно видеть, что в целом получено удовлетворительное описание сечений неупругого рассеяния с возбуждением первого уровня. Значе-

ние $\beta_{1,2} = 0,13$ всего на 10% отличается от значения параметра β_2 , извлеченного из анализа Кулоновского возбуждения Sn^{118} .

$E_x=2254$ КэВ. И в этом случае из рис.4 можно видеть в целом удовлетворительное воспроизведение полумикроскопическими расчетами экспериментальных угловых распределений неупругорассеянных протонов и нейтронов.

Изоспиновая структура неупругих переходов в ядрах обычно характеризуется отношением M_n/M_p , в котором $M_i = \int \rho_i(r)r^{\lambda+2}dr$. В стандартной коллективной модели $M_n/M_p=N/Z$. Настоящий анализ дает для состояний в Sn^{118} соотношение $M_n/M_p > N/Z$. Это соотношение соответствует представлениям модели эффективного заряда [6].

Отметим, что в настоящей работе непосредственно определяется, отношение M_n/M_p в полумикроскопическом анализе данных по рассеянию протонов и нейтронов. В связи с этим представляет интерес выход за рамки модели Тасси и использование в анализе изоспиновой структуры неупругих переходов в ядрах переходных плотностей, вычисленных в полумикроскопических ядерных моделях.

Заключение

Сформулируем основные результаты и выводы работы.

1. На основе изотопического формализма к описанию взаимодействия нуклонов низких энергий с ядрами применена схема анализа изоспиновой структуры неупругих переходов в ядрах при совместном описании неупругого рассеяния протонов и нейтронов на одном и том же ядре-мишени.
2. Проведены вычисления дифференциальных сечений упругого и неупругого рассеяний протонов и нейтронов

с энергией 14 МэВ на ядре Sn^{118} . В расчетах использованы эффективные нуклон-нуклонные силы, зависящие от плотности распределения вещества в ядре.

3. Анализ упругого рассеяния показал, что полумикроскопические расчеты адекватно воспроизводят как изоскалярную, так и изовекторную часть нуклонного оптического потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Князьков О.М., Кухтина И.Н. ЯФ, 1985, т.42, с.615.
2. Лукьянов и др. ЯФ, 2004, т.67, с.1306.
3. Алхазов Г.Д. Выпуск «Ядерные константы»б 1993, вып.29, с.63.
4. Куприков В.Н. и др. ЯФ, 2005, т.68, с.233.
5. Ваньков А.А., Воропаев А.Н. Препринт ФЭИ-894, 1997.
6. Dementyev A.V., et.al. JAERI-Conf., 2001, № 2, Pt.2, 1365.
7. Куприков В.Н. и др. ЯФ, 2006, т.69, с.8.
8. Князьков О.М. и др. ЭЧАЯ, 1999, т.30, с.870.

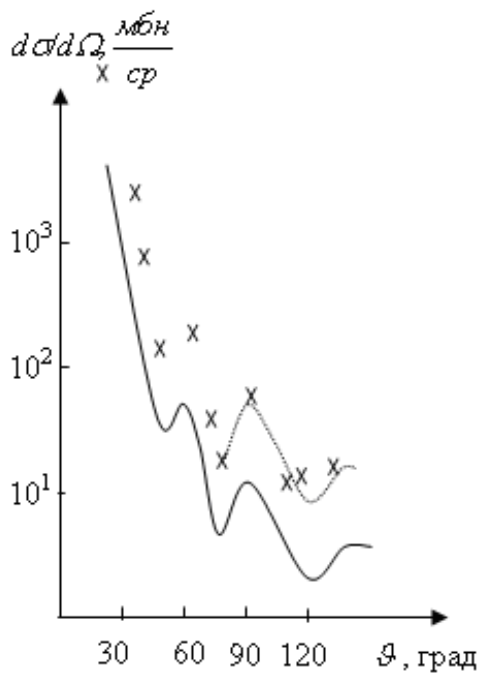


Рис.1. Сечения упругого рассеяния протонов с энергией 14 МэВ на ядре Sn^{118} : сплошная кривая—расчет без учета связи каналов, штрихованная—с учетом связи каналов, точки—экспериментальные данные.

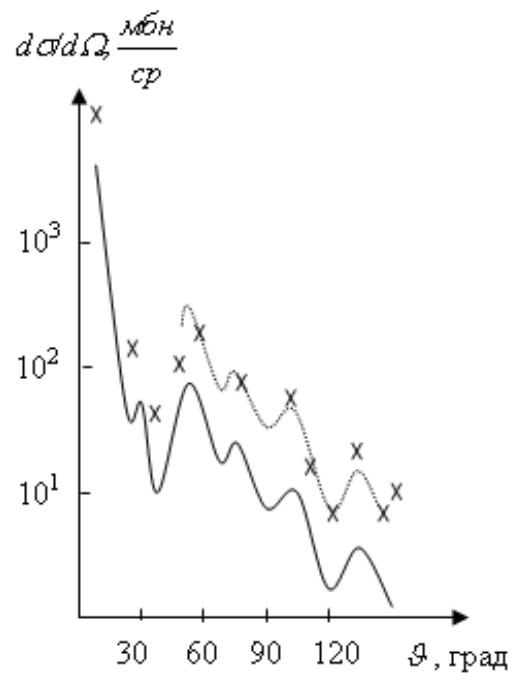


Рис.2 . То же, что на рис.1, для нейтронов с энергией 14,3 МэВ

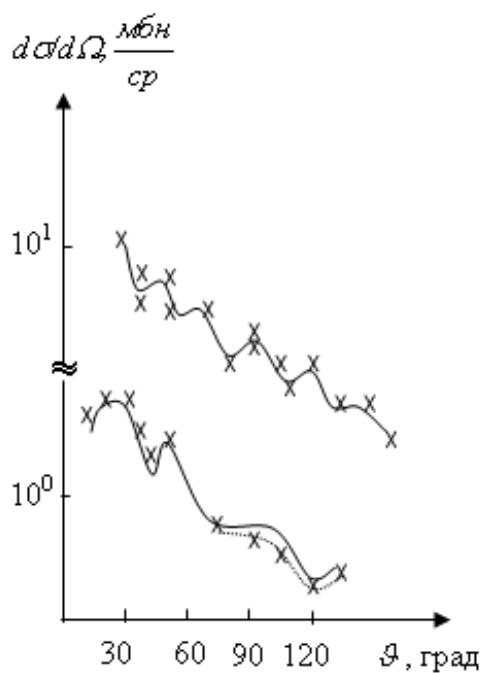


Рис. 3. Сечения неупругого рассеяния протонов с энергией 14 МэВ (нижняя часть рисунка) и нейтронов с энергией 14,3 МэВ (верхняя часть рисунка) на ядре Sn^{118} с возбуждением состояния $E_x=1375$ КэВ с учетом связи каналов, точки-экспериментальные данные.

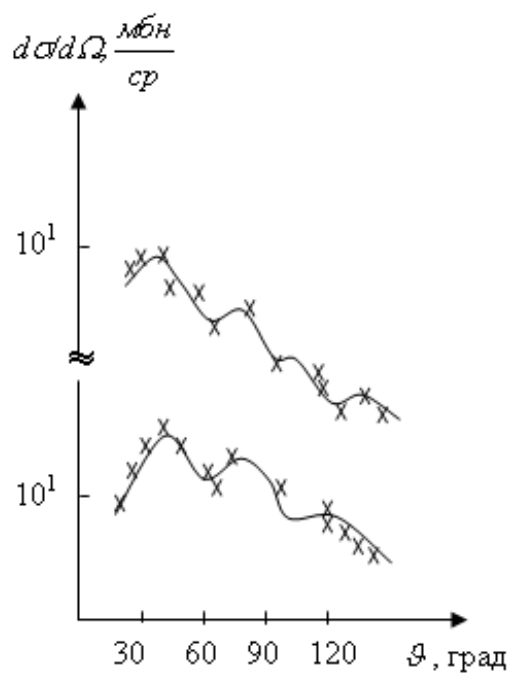


Рис. 4. То же, что и на рис. 3, для состояния $E_x=2354$ КэВ.