

ОПИСАНИЕ РАССЕЙЯНИЯ ПРОТОНОВ И НЕЙТРОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 14 МЭВ НА ЯДРЕ ^{56}Fe

Х.ШАБДУЛЛАЕВ

Бакинский Государственный Университет

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 Fe^{56} .

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 полумикроскопический 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 ^{56}Fe и получена при сравнении с экспериментальными данными информация о различиях в протонных и нейтронных переходных плотностях.

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 ^{56}Fe . 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 $\alpha\alpha$ -рассеяния, а также кластерных свойств легких ядер. Плотностной 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 Zr^{90} [2]. Параметр d , значения которого находились из наилучшего описания упругого рассеяния, оказался универсальным параметром. Для большой группы ядер (от ^{20}Ne до ^{208}Pb) отклонение его значения не превысило 15%. В настоящей работе используется значение $d=750$ МэВ·Ф⁶ [8].

Плотность распределения протонов в ядре ^{56}Fe 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 ^{56}Fe [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 ^{56}Fe 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 ^{56}Fe 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 , варировались 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.

N	W, МэВ	W _s , МэВ	r _w , Ф	α _w , Ф	V _{SO} , МэВ	r _{SO} , Ф	α _{SO} , Ф
p	1,89	7,14	1,24	0,71	5,95	1,10	0,67
n	1,81	4,21	1,21	0,69	5,98	1,02	0,66

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

Результаты вычислений по оптической модели ядра в рамках полумикроскопического МСК сечений упругого и неупругого рассеяния протонов с энер-

гией 14 МэВ и нейтронов с энергией 14,3 МеВ на ядре ^{56}Fe приведены на рис. 1-4 вместе с экспериментальными данными. Обсудим результаты расчета.

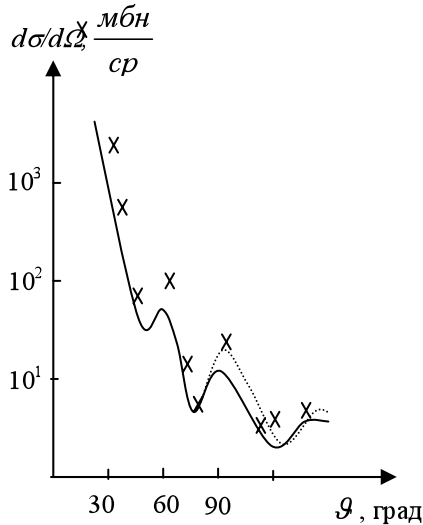


Рис. 1. Сечения упругого рассеяния протонов с энергией 14 МэВ на ядре ^{56}Fe : сплошная кривая – расчет без учета связи каналов, штрихованная – с учетом связи каналов, точки – экспериментальные данные.

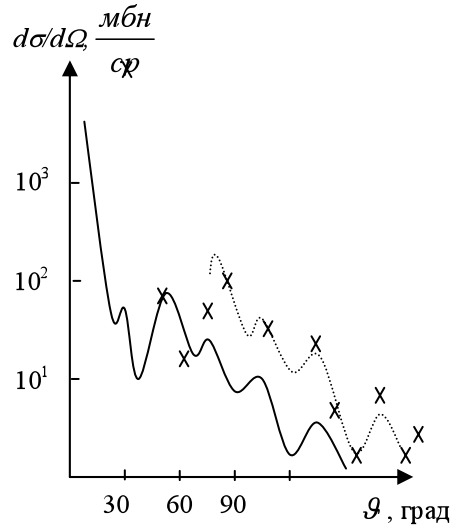


Рис.2 . То же, что на рис.1, для нейтронов с энергией 14,3 МэВ.

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.

$E_x=1273$ КэВ. Из рис.3 можно видеть, что в целом получено удовлетворительное описание сечений неупругого рассеяния с возбуждением первого уровня. Значение $\beta_{1,2} = 0,13$ всего на 10% отличается от значения параметра β_2 , извлеченного из анализа Кулоновского возбуждения Fe^{56} .

$E_x=2281$ КэВ. И в этом случае из рис.4 можно видеть в целом удовлетворительное воспроизведение полумикроскопическими расчетами экспериментальных угловых распределений неупругорассеянных протонов и нейтронов.

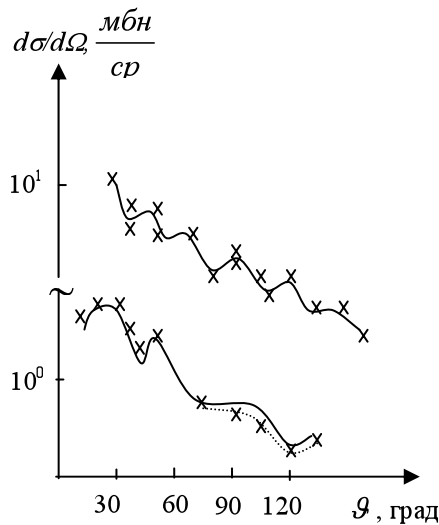


Рис. 3. Сечения неупругого рассеяния протонов с энергией 14 МэВ (нижняя часть рисунка) и нейтронов с энергией 14,3 МэВ (верхняя часть рисунка) на ядре ^{56}Fe с возбуждением состояния $E_x=1273$ КэВ с учетом связи каналов, точки – экспериментальные данные.

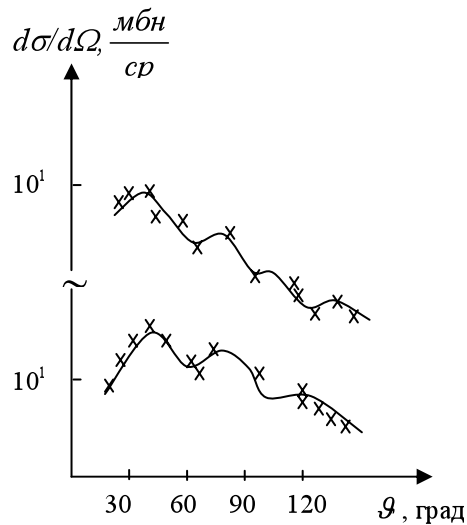


Рис. 4. То же, что и на рис.3, для состояния $E_x=2281$ КэВ.

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 Fe^{56} 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.

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 Fe^{56} . 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 ну-клонного 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» вып.29,с.63 (1993).
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.

14 MEV ENERJİLİ PRÖTON VƏ NEYTRONLARIN Fe^{56} NÜVƏSİNDƏN SƏPİLMƏSİNİN TƏSVİRİ

X.Ş.ABDULLAYEV

XÜLASƏ

Aşağı enerjili nuklonların nüvələrlə qarşılıqlı təsirinin təsvirində yarım-mikroskopik yaxınlaşma izotopik formalizmi əsasında eyni hədəf nüvəsində proton və neytronların qeyri-elastiki səpilməsinin nüvələrdə qeyri-elastiki keçidlərinin izospin quruluşu tətbiq edilmişdir. Enerjisi 14 MeV olan proton və neytronların Fe^{56} nüvəsindən elastiki və qeyri-elastiki səpilmə effektiv kəsiclərinin hesablanmasına baxılmışdır.

DESCRIPTION OF 14 MEV PROTON AND NEUTRON SCATTERING ON Fe^{56} NUCLEUS

Ch.Sh.ABDULLAEV

SUMMARY

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 Fe^{56} nucleus.