

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

эксперименттік мәліметтер арасындағы ауытқуды азайту үшін реттеу арқылы алынады. Микроскопиялық оптикалық модельдің потенциалы теориялық тұрғыдан нуклон-нуклонның өзара әрекеттесуі негізінде жасалады. Екі күшейткіштің де энергиялар мен ядролардың кең ауқымында берілген өлшемдерсіз реакцияларды болжау мүмкіндігі бар.

40 МэВ энергиясы бар альфа-сәулеленудің ғаламдық феноменологиялық және микроскопиялық оптикалық модельдік потенциалдары алынды[4]. Нысана ядро ретінде ^{23}Na алынып, атқылаушы ретінде альфа бөлшегі таңдалып, массалық диапазонындағы реакцияның жиынтық қималары мен серпімді шашыраудың бұрыштық үлестірімдері туралы эксперименттік деректерді бір уақытта сәйкестендіру арқылы алынады.



Сурет 1. 40 МэВ-тағы нысана ядро үшін есептелген дифференциалдық қима

Ғаламдық феноменологиялық оптикалық модельдің потенциалы үшін де, жалпы микроскопиялық оптикалық модельдің потенциалы үшін де реакцияның көлденең қималары 40 МэВ энергиясында алынды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Detraz C., Vietra D.J. – Ann. Rev. Nucl. Part. Sci., 1989, v.39, p.409
2. Satchler G. R., Love W.G. – Phys. Rep., 1979, v.55, p.183.
3. Князьков О.М., Кухтина И.Н., Фаянс С.А. – ЭЧАЯ, 1997, т.28, с.1061.
4. Guo, H., Su, X., Liang, H., Xu, Y., Han, Y., & Shen, Q. (2017). Global phenomenological and microscopic optical model potentials for alpha. EPJ Web of Conferences, 146, 12011.

УДК 539.17

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ НЕЙТРОННЫХ ПЕРЕДАЧ $^{206}\text{Pb}(^{18}\text{O}, ^{18-19}\text{O})$ ПРИ ЭНЕРГИИ 139 МЭВ В РАМКАХ БОРНОВСКОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ С ИСКАЖЕННЫМИ ВОЛНАМИ

Жандарбек Ақбота Бекжанқызы

akbota.zhandarbek01@gmail.com

Магистрант 2 курса специальности "Ядерная физика",

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель- Кутербеков К.А.

В данной работе представлены результаты исследования реакций нейтронной передачи $^{206}\text{Pb}(^{18}\text{O}, ^{19}\text{O})$ при энергии 139 МэВ в рамках Борновского приближения с искаженными волнами. Используя оболочечную модель сферического ядра для описания структуры ядер, в рамках метода искаженных волн в Борновском приближении (distorted wave Born approximation – DWBA) были вычислены дифференциальные сечения реакции передачи нейтрона с уровня $2f_{5/2}$ в ядре ^{206}Pb на частично свободный уровень $1d_{5/2}$ в ядре ^{18}O . Все расчеты проведены с помощью программы FRESKO, где реализован метод DWBA. Для точного квантового описания относительного движения ядер во входном и выходном каналах

реакции использовалась ядерная часть потенциала в форме ВудсСаксона с параметрами. Расчеты согласуются с экспериментальными данными.

Формализм метода искаженных волн в Борновском приближении

Метод DWBA является полезным с точки зрения извлечения спектроскопической информации. В методе используются начальные и конечные искаженные волны, описывающие относительное движение ядра-снаряда и ядра-мишени. Информация о внутренней структуре содержится в спектроскопическом факторе. Спектроскопическим фактором S_α называют вероятность заселения нуклоном конечного (или срыва с начального) одночастичного состояния α в результате прямой ядерной реакции. Спектроскопический фактор затем может быть связан со структурой ядра в ходе расчетов в рамках микроскопических моделей.

В этом методе вычисляется амплитуда перехода для реакции передачи нуклонов $A(a, b)B$ ($a=b+x$ и $B=A+x$) как матричный элемент искаженных волн относительного движения систем (a, A) и (b, B) и форм-фактора:

$$T = \mathfrak{J} \int d\vec{r}_{aA} \int d\vec{r}_{bB} \chi_b^{(-)}(\vec{k}_b, \vec{r}_{bB}) \langle \Phi_b \Phi_B | V_{bx} | \Phi_a \Phi_A \rangle_{\vec{r}_{bx}, \vec{r}_{bA}} \chi_a^{(+)}(\vec{k}_a, \vec{r}_{aA}), \quad (1)$$

где форм-фактор $\langle \Phi_b \Phi_B | V_{bx} | \Phi_a \Phi_A \rangle_{\vec{r}_{bx}, \vec{r}_{bA}}$ определяется как:

$$\begin{aligned} \langle \Phi_b \Phi_B | V_{bx} | \Phi_a \Phi_A \rangle_{\vec{r}_{bx}, \vec{r}_{bA}} &= \int \int \Phi_b^*(\xi_b) \left[\int \Phi_B^*(\xi_B) \Phi_A(\xi_A) d\xi_A \right] \times \\ &\times V_{bx} \Phi_a(\xi_a) d\xi_b d\xi_x, \end{aligned} \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) Φ_v – внутренние волновые функции для v ($= a, A, b, B, x$), где индексы v обозначают также все квантовые числа, характеризующие состояние v , включая спины ядер J_v и их проекции M_v . V_{bx} – потенциальная энергия взаимодействия между b и x . \mathfrak{J} – якобиан преобразования внешних координат в относительные и внутренние координаты \vec{r} и ξ . Искаженные волны $\chi_b^{(-)}$ и $\chi_a^{(+)}$ рассчитываются с использованием соответствующих оптических потенциалов U_{Bb} и U_{Aa} выходного и входного каналов.

Сечение реакции $A(a, b)B$ можно выразить через амплитуду перехода:

$$\sigma(\theta) = \frac{\mu_\alpha \mu_\beta}{(2\pi\hbar)^2} \frac{k_\beta}{k_\alpha} \frac{S_a S_B}{(2J_A + 1)(2J_a + 1)} \sum_{M_A M_B M_a M_b} |T_{M_A M_B M_a M_b}|^2, \quad (3)$$

где $\mu_{\alpha(\beta)}$, $k_{\alpha(\beta)}$ – приведенные массы и волновые числа во входном α и выходном β каналах;

$S_a S_B$ – спектроскопические факторы, несущие информацию о структуре ядер a и B .

Результаты расчетов

Вычисления сечений упругого рассеяния и передачи нейтрона могут быть выполнены с помощью кода, реализованного в коде FRESKO [1, 2]. Расчет сечений упругого рассеяния $^{206}\text{Pb}(^{18}\text{O}, ^{18}\text{O})$ представлен на рисунке 1.

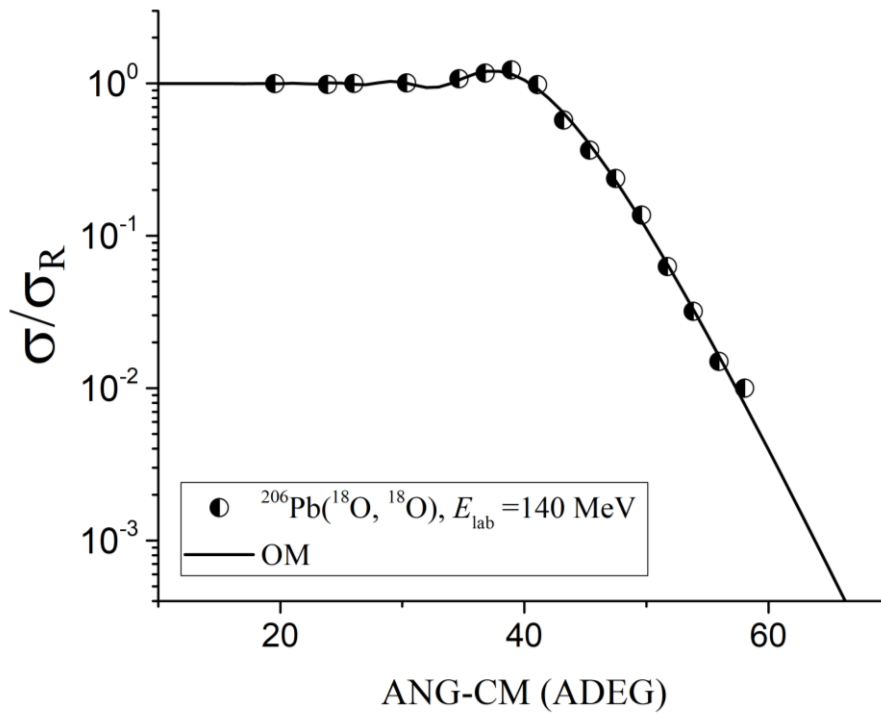


Рисунок 1. – Угловое распределение упругого рассеяния $^{206}\text{Pb}(^{18}\text{O}, ^{18}\text{O})$. Точки – экспериментальные данные из работы [3]. Кривая – расчеты в оптической модели.

Используя оболочечную модель сферического ядра для описания структуры ядер, в рамках метода искаженных волн в Борновском приближении (distorted wave Born approximation – DWBA) были вычислены дифференциальные сечения реакции передачи нейтронов с уровня $2f_{5/2}$ в ядре ^{206}Pb на частично свободный уровень $1d_{5/2}$ в ядре ^{18}O . Для точного квантового описания относительного движения ядер во входном и выходном каналах реакции использовалась ядерная часть потенциала в форме ВудсСаксона с параметрами, представленными в таблице 1.

В ходе расчетов варьировалась глубина мнимой части W_0 оптического потенциала для удовлетворительного описания экспериментальных значений дифференциальных сечений:

$$U(r) = \frac{V_0}{1 + \exp\left(\frac{r - r_0(A_1^{1/3} + A_2^{1/3})}{a_0}\right)} + i \frac{W_0}{1 + \exp\left(\frac{r - r_w(A_1^{1/3} + A_2^{1/3})}{a_w}\right)}, \quad (4)$$

где, A_1 и A_2 – массовые числа ядра-снаряда и ядра-мишени.

С помощью потенциалов входного и выходного каналов вычислялись искаженные волны $\chi_b^{(-)}$ и $\chi_a^{(+)}$, см. формулу (1), в то время как форм-фактор T реакции $A+b \rightarrow a+B$ ($A = a + \nu$, $B = b + \nu$) определялся внутренними волновыми функциями Φ_ν для ν ($= a, A, b, B$).

Внутренние волновые функции ядер Φ_ν удовлетворяют уравнениям Шредингера для связанных состояний. Для определения внутренних волновых функций в программе FRESKO [2] необходимо задать спин-четность состояний остаточного и «составного» ядра, момент импульса l переданной частицы относительно «кора» ядра и количество узлов N радиальной волновой функции. Внутренняя волновая функция с заданными квантовыми числами в программе FRESKO [2] вычислялась варьированием глубины потенциала Вудс-Саксона с постоянной “геометрией” (в данном случае радиусы $r_0 = 1.2$ фм и диффузности $a = 0.6$ фм) до

достижения равенства между энергией отделения частицы и взятой с противоположным знаком энергией соответствующего уровня частицы.

Спектроскопические амплитуды для связанных состояний нейтрона в ядрах ^{19}O и ^{206}Pb было равно 2.7. Результаты расчетов для реакций нейтронной передачи $^{206}\text{Pb}(^{18}\text{O}, ^{19}\text{O})$ при энергии 139 МэВ в рамках Борновского приближения с искаженными волнами представлены на рисунке 2. Как видно, удалось удовлетворительно описать экспериментальные данные. Угловые распределения в целом имеют колоколообразную форму, что указывает на касательный характер реакции, с максимумом под углом $\theta_{\text{c.m.}} \approx 40$ градусов.

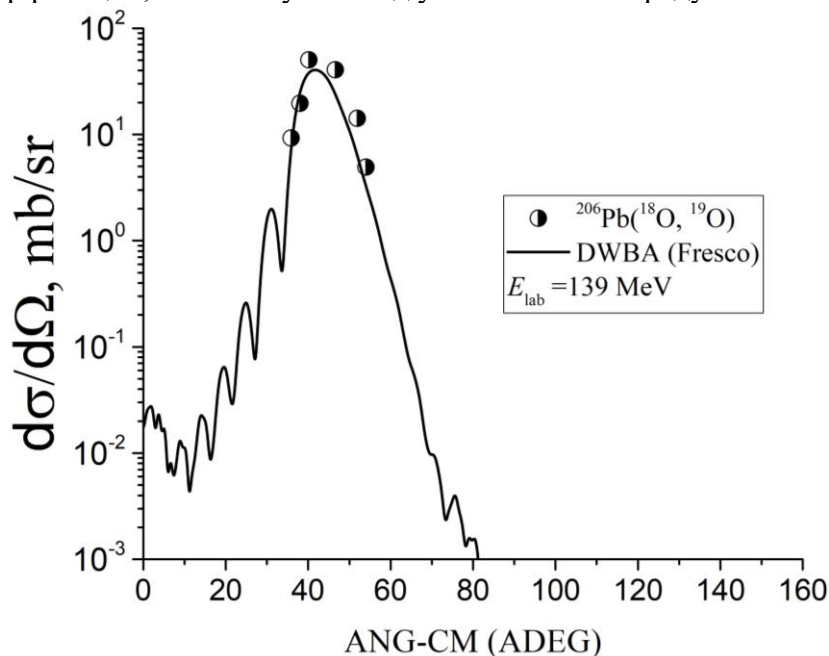


Рисунок 2. – Угловые распределения для канала реакции $^{206}\text{Pb}(^{18}\text{O}, ^{19}\text{O})$ при энергии 139 МэВ. Точки – экспериментальные данные из работы [3]. Кривые – расчеты в рамках Борновского приближения с искаженными волнами.

Таблица 1 – Параметры оптического потенциала

Канал реакции	V_0 , МэВ	r_0 , фм	a_0 , фм	W_0 , МэВ	r_w , фм	a_w , фм
$^{18}\text{O}+^{206}\text{Pb}$	40	1.246	0.620	35	1.244	0.609
$^{19}\text{O}+^{205}\text{Pb}$	40	1.246	0.620	35	1.244	0.609

Заключение

Методы оптической модели для описания упругого рассеяния и Борновского приближения с искаженными волнами для описания экспериментальных данных по реакции нейтронной передачи успешно применены для описания экспериментальных данных. Результаты расчетов и экспериментальные данные для нейтронной передачи $^{206}\text{Pb}(^{18}\text{O}, ^{19}\text{O})$ при энергии 139 МэВ в рамках Борновского приближения с искаженными волнами имеют колоколообразную форму, что указывает на касательный характер реакции, с максимумом под углом $\theta_{\text{c.m.}} \approx 40$ градусов.

Список литературы

- 1 Thompson I.J. Coupled reaction channels calculations in nuclear physics // Comput.Phys.Rep. – 1988. – Vol. 7. – P. 167-212.
- 2 Fresco Coupled Reaction Channels Calculations // <http://www.fresco.org.uk>. 01.09.2020.
- 3 B. J. Roy Sonika et al., Multinucleon transfer study in $^{206}\text{Pb}(^{18}\text{O}, x)$ at energies above the Coulomb barrier // Physical Review C 92, 024603 (2015).