

РОЛЬ ОБМЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В УПРУГОМ РАССЕЯНИИ $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ И $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$

К. А. Гриднев, Е. Е. Родионова

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Предложено комбинированное описание упругого рассеяния систем $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ и $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ с помощью оптической модели с учетом отталкивающего кора и метода искаженных волн (МИВ). Учет обменных процессов позволил хорошо описать экспериментальные данные в области задних углов.

The combined description of elastic scattering of the systems $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ and $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ by means of the optical model and the distorted waves approximation is proposed. The account of exchange processes has allowed good description of experimental data in the range of back angles.

PACS: 25.60.Bx; 25.60.Ie

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является анализ упругого рассеяния, экспериментальных данных систем $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ при энергиях $E_{\text{lab}} = 87,2; 94,8; 103,1$ МэВ и $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ при энергиях $E_{\text{lab}} = 132; 170; 181; 200; 230$ МэВ в области задних углов.

Экспериментальные данные для системы $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ были взяты из работы [1], для системы $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ — предоставлены Ю. А. Глуховым. Вычисления в передней области углов проводились в рамках оптической модели с учетом отталкивающего кора [2]. Область задних углов в угловом распределении рассчитывается по МИВ с нулевым радиусом действия ядерных сил по программе DWUCK4 [3].

Процесс упругой передачи представлен на рис. 1 для системы $A + (A' + x) \rightarrow A' + (A + x)$, причем $A = A'$.

Описание упругой передачи является сложной задачей. В связи с этим большое развитие получили приближенные методы вычислений. Одним из таких методов является МИВ. Данный метод, как известно, базируется на том, что основной вклад в прямой процесс осуществляется упругим рассеянием, а процессы, которые отличны от основного, рассматриваются как малое возмущение. В ранних исследованиях делалось предположение, что в области задних углов существенный вклад дают процессы упругой передачи. Если рассматривать ядра ^{16}O и ^{12}C состоящими из α -частиц, т. е. 4α и 3α , то в упругом рассеянии рассматриваемых систем возможно существование процесса упругой передачи частицы.

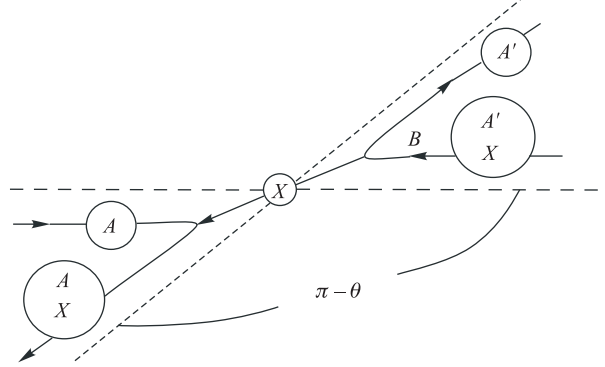


Рис. 1. Представление процесса упругой передачи

Как известно, амплитуду упругого рассеяния можно разложить по парциальным волнам:

$$f_{\text{el}}(\theta) = \frac{i}{2k} \sum_l (2l + 1)(1 - e^{2i(\delta_l + \sigma_l)}) P_l(\cos \theta), \quad (1)$$

где σ_l и δ_l — кулоновская и ядерная фазы рассеяния; $P_l(\cos \theta)$ — полином Лежандра; k — переданный импульс.

Рассмотрим реакцию $A(a, b)B$. Амплитуда по методу искаженных волн записывается в следующем виде:

$$f_{\text{DWBA}}(\theta) = S_b^{1/2} S_A^{1/2} \int d\mathbf{r}_a d\mathbf{r}_b \chi_b^{(-)*}(\mathbf{r}_b) \psi_b^*(\mathbf{r}_{\text{ax}}) \mathbf{V}_a(\mathbf{r}_{\text{Bx}}) \psi_A(\mathbf{r}_{\text{Bx}}) \chi_a^{(+)}(\mathbf{r}_a), \quad (2)$$

где

$$S_b^{1/2} = S_A^{1/2} = S^{1/2} \propto \langle \psi_{^{16}\text{O}} | \psi_{^{12}\text{O}} \otimes \psi_{^4\text{He}} \rangle$$

— спектроскопические амплитуды. На рис. 2 представлена система координат. Соотношения между внешними $(\mathbf{r}_a, \mathbf{r}_b)$ и $(\mathbf{r}_{\text{ax}}, \mathbf{r}_{\text{Bx}})$ внутренними координатами определяются выражениями

$$\mathbf{r}_{\text{Bx}} = s_1 \mathbf{r}_a + t_1 \mathbf{r}_b, \quad \mathbf{r}_{\text{ax}} = s_2 \mathbf{r}_a + t_2 \mathbf{r}_b,$$

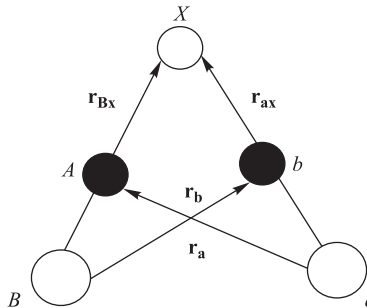


Рис. 2. Система координат для амплитуды по МИВ

где

$$s_1 = \frac{aA}{xT}, \quad s_2 = -\frac{ba}{xT}, \quad t_1 = \frac{bA}{xT}, \quad t_2 = \frac{bB}{xT}, \quad T = a + A = b + B.$$

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И РЕЗУЛЬТАТ

Был проведен расчет дифференциальных сечений рассеяния с нулевым радиусом действия ядерных сил по программе DWUCK4 для систем $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ и $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$. Описание данных проводилось следующим образом: область передних углов описывается оптической моделью с учетом отталкивающего кора [2] с параметрами, приведенными в таблице. Шесть параметров определяют оптический потенциал Вудса–Саксона с объемным поглощением, следующие три параметра относятся к отталкивающему кору [2]. Процессы упругой передачи в области передних углов не играют роли.

Параметры потенциала

Реакция	E_{lab} , МэВ	$-V_0$, МэВ	$-W_0$, МэВ	a_V , фм	a_W , фм	r_V , фм	r_W , фм	C	r_K , фм	Δr , фм	χ^{2*}
$^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$	132	100	15	1,0	0,15	0,9	1,21	26,2	1,6	0,05	6,15
	170	80	17	1,2	0,2	0,95	1,27	24,5	1,6	0,01	11,51
	181	100	13	1,2	0,2	0,95	1,4	23	1,6	0,01	18,39
	200	100	15	0,9	0,5	0,97	1,36	22,7	1,55	0,04	9,9
	230	90	14	0,9	0,2	0,9	1,28	22,5	1,5	0,3	9,86
	260	140	20	1,5	0,2	0,93	1,27	21	1,6	0,4	7,22
	281	100	15	0,8	0,2	0,93	1,35	20	1,8	0,2	20,1
$^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$	87,2	190	15	1,4	0,22	1,7	5,8	40	1,5	0,15	
	94,8	250	15	1,4	0,25	1,7	5,7	38	1,5	0,15	
	103,1	290	20	1,4	0,25	1,7	5,9	37	1,5	0,15	
	124	150	15	0,9	0,7	0,7	1,07	26,5	1,6	0,15	28,43
	145	150	16	1,45	0,7	0,85	1,1	25,5	1,7	0,05	5,04
	250	120	15	0,8	0,75	0,7	1,1	22	1,7	0,01	7,6
	350	170	25	1,3	0,7	0,7	1,2	20,5	1,8	0,06	3,99
480	150	30	1,3	0,5	0,8	1,35	20	1,8	0,01	11,91	

*Значения χ^2 для системы $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ при энергиях 87,2; 94,8; 103,1 МэВ не были рассчитаны, так как экспериментальные данные взяты из рисунков [1].

Область задних углов описывается методом искаженных волн. Потенциал брался в форме Вудса–Саксона с объемным поглощением с параметрами, представленными в таблице. Сшивание расчетов по оптической модели с учетом отталкивающего кора и по МИВ происходило при углах для системы $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ в районе 90° в лаб. сист. координат, так как система — из идентичных частиц, сечение рассеяния симметрично относительно указанного угла. Для системы $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ такое сшивание происходит при углах в районе $100\text{--}120^\circ$. Полученные данные представлены на рис. 3 и 4.

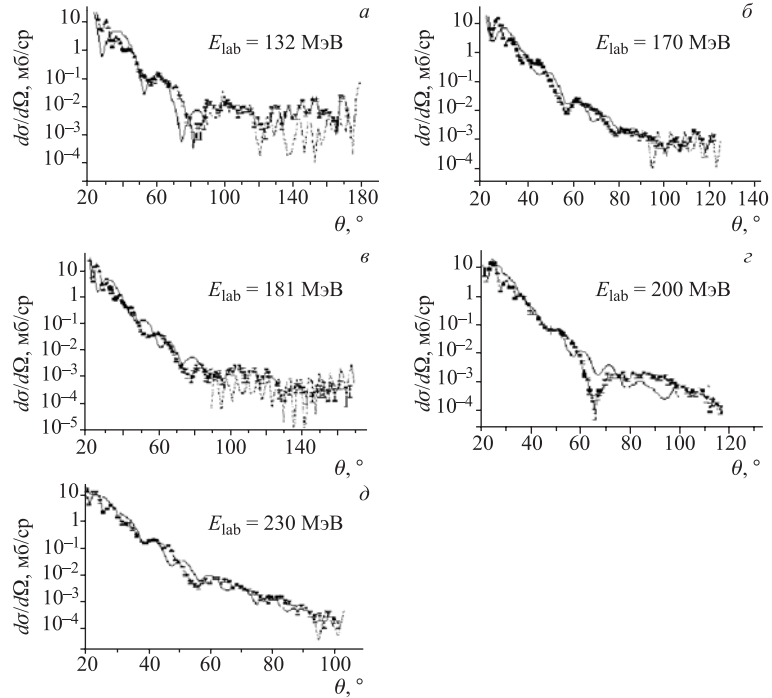


Рис. 3. Угловое распределение для системы $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ при различных энергиях. Точки — экспериментальные данные; сплошная линия — расчет по оптической модели; пунктирная — расчет по МИВ с нулевым радиусом действия

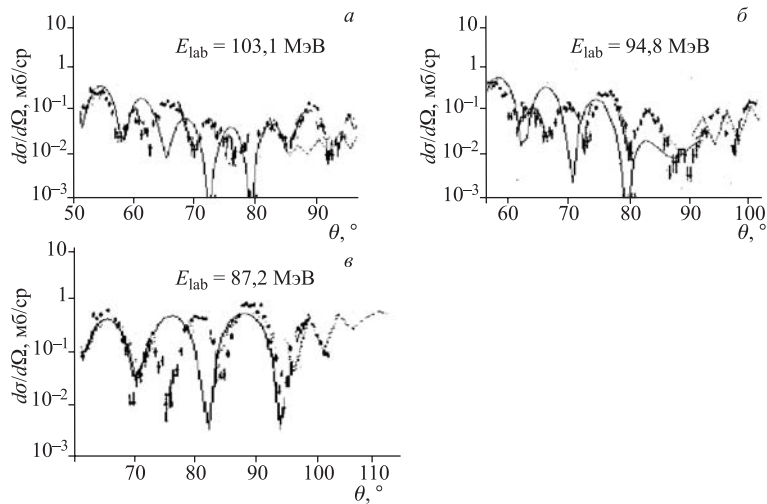


Рис. 4. То же, что и на рис. 3, для системы $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ ($100-120^\circ$). Экспериментальные данные взяты из [1]

При расчетах для системы $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ по МИВ проводилась замена $\pi - \theta$. Сечение в таком случае вычисляется следующим выражением [4, 5]:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f_{\text{el}}(\theta) + e^{i\alpha} f_{\text{DWBA}}(\pi - \theta)|^2, \quad (3)$$

где $f_{\text{el}}(\theta)$ — амплитуда упругого рассеяния в области передних углов; $f_{\text{DWBA}}(\pi - \theta)$ — амплитуда, рассчитанная по МИВ в области задних углов.

Для системы $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ замена в области задних углов не проводилась, и сечение выглядит следующим образом [4, 5]:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f_{\text{el}}(\theta) + e^{i\alpha} f_{\text{DWBA}}(\theta)|^2, \quad (4)$$

где $f(\theta)$ — амплитуда упругого рассеяния в передней области углов; $f_{\text{DWBA}}(\theta)$ — амплитуда, рассчитанная по МИВ в задней области углов.

Из рис. 3 и 4 можно увидеть, что такая процедура дает хорошее описание экспериментальных данных при задних углах. Данный результат подтверждает то, что процесс упругой передачи в указанной области играет значительную роль в описании экспериментальных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено комплексное описание экспериментальных данных с помощью оптической модели с учетом отталкивающего кора и МИВ систем $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ и $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$. При учете процесса упругой передачи получили неплохое описание экспериментальных данных в области задних углов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Nicoli M. P.* THESE pour obtenir le grade de Docteur de l'Universite Louis Pasteur de Strasbourg. 1998.
2. *Гриднев К. А. и др.* Нелинейное уравнение Шредингера и аномальное рассеяние назад // Изв. АН СССР. 1978. Т. 42, вып. 1.
3. <http://spot.colorado.edu/kunz/DWBA.html>
4. *Newton R. G.* Scattering Theory of Waves and Particles. N. Y.: McGraw-Hill Book Comp., 1966; Пер. с англ.: *Ньютон Р.* Теория рассеяния волн и частиц. М.: Мир, 1969.
5. *Давыдов А. С.* Квантовая механика. М.: Наука, 1973.

Получено 9 июля 2007 г.