

Исследование упругого рассеяния ионов кислорода на ядрах ^{12}C при энергиях вблизи кулоновского барьера

Мейрамбайкызы Айгул

Магистрант МКТУ имени Х. А. Яссави, Казахстан, г. Туркестан

E-mail: aigul.90.2014@mail.ru

Аннотация: предложенные в статье рассматривается исследование упругого рассеяния ионов кислорода на ядрах ^{12}C при энергиях вблизи кулоновского барьера. Используя экспериментальные данные из различных литературных источников, проведен анализ упругого рассеяния ионов кислорода на ядрах углерода в рамках стандартной оптической модели в широком диапазоне энергий налетающих частиц и определены глобальные параметры оптических потенциалов взаимодействия для исследуемой ядерной системы.

Изучение упругого рассеяния тяжелых ионов на легких ядрах при энергиях, близких к Кулоновскому барьеру, представляет интерес, как с точки зрения установления надежных значений параметров потенциала взаимодействия тяжелых ионов при низких энергиях, так и изучения механизма кластерной передачи, который проявляется при больших углах и существенно увеличивает экспериментальные дифференциальные сечения упругого рассеяния в этом диапазоне углов. Это подтвердили измерения процесса $^{12}\text{C}(^{16}\text{O}, ^{16}\text{O})^{12}\text{C}$, проведенные на ДЦ-60 при энергиях $E_{^{16}\text{O}} = 1,75$ МэВ/нуклон и $1,5$ МэВ/нуклон. Наличие вклада отличного от чисто потенциального механизма – механизма передачи кластера в формирование сечений упругого рассеяния в задней полусфере налагает дополнительные условия при подборе физически обоснованных параметров потенциалов ядро-ядерного взаимодействия для тяжелых ионов. В связи с этим поиск глобальных параметров оптического потенциала упругого взаимодействия ядер проводился только в области передних углов, отвечающих чисто упругому рассеянию. Кроме того, анализ экспериментальных данных по упругому рассеянию проводился в широком интервале энергий от 20 до 260 МэВ в рамках оптической модели. Экспериментальные данные были взяты из работ [1, с 37]. Авторы работы пытаются получить лучшее описание рассеяния на задних углах введением в мнимую часть потенциала орбитальную зависимость. В другой работе с использованием в качестве начальных параметров данные из работы [1] в рамках программы SPIVAL достигли лучшего качества подгонок для выбранного диапазона экспериментальных данных.

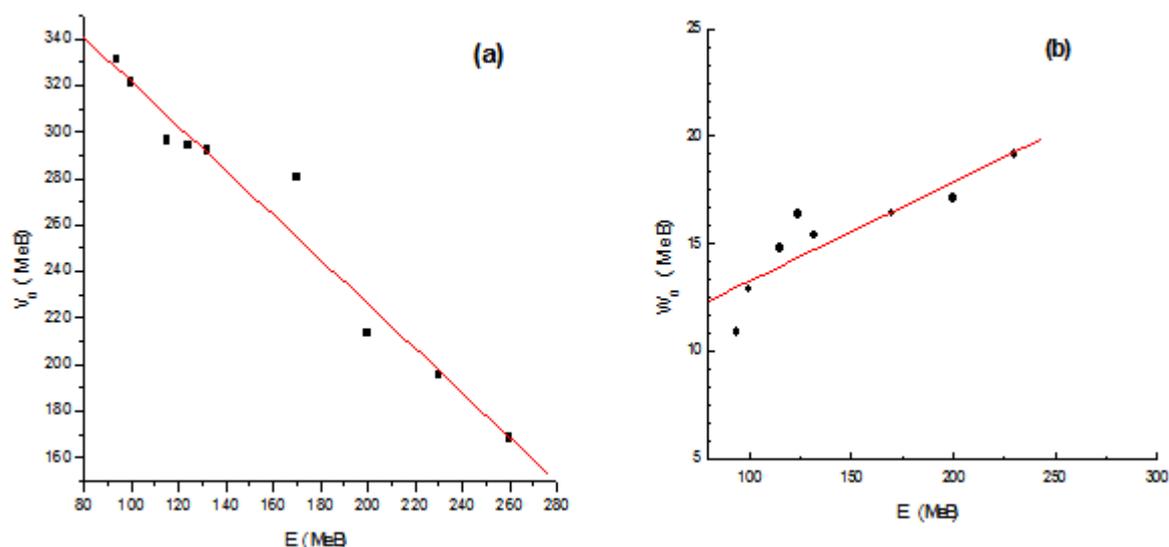
Для исключения влияния резкого подъема сечений под обратными углами на значения устанавливаемых параметров оптических потенциалов, подгонка теоретических сечений к экспериментальным по оптической модели проводилась только для угловых распределений ограниченных передней полусферой. При этом для корректного установления энергетических зависимостей глубин оптического потенциала были зафиксированы радиусы реальных и мнимых частей потенциала $r_0 = 0.76$ фм и $r_w = 1.261$ фм ($R_i = r_i (A_1^{1/3} + A_2^{1/3})$), соответственно. Приведенный кулоновский радиус - $r_0 = 0.95$ фм. Полученные в таком подходе оптимальные параметры оптического потенциала для широкого интервала перечисленных выше энергий представлены в таблице 1[2,17].

Установленные глобальные параметры оптического потенциала для системы $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ корректно описывает экспериментальные данные по упругому рассеянию в широком диапазоне углов энергии интервале энергии 94-260 МэВ. Необходимо отметить при низких энергиях наблюдается увеличивающиеся расхождения теории с экспериментом при углах свыше 100^0 - 120^0 градусов.

Оптимальные параметры оптических потенциалов для системы $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ полученные с использованием программы SPIVAL

E (МэВ)	V ₀ (МэВ)	r _r (ФМ)	a _r (ФМ)	W ₀ (МэВ)	r _w (ФМ)	a _w (ФМ)	J _V		J _W	
							МэВ	ФМ	МэВ	ФМ
260	168.29	0.76	0,801	24.863	1.261	0.4542	271.80	3	101.05	3
230	195.6	0.76	0,767	19.15	1.261	0.459	291.98	3	95.40	3
200	213.218	0.76	0,857	17.138	1.261	0.554	293.66	3	85.50	3
170	280.69	0.76	1,098	16.4087	1.261	1.121	311.65	3	82.59	3
132	291.91	0.76	1,093	15.38	1.261	1.26	310.86	3	66.02	3
124	293.97	0.76	0,731	16.39	1.261	0.623	456.5	3	70.33	3
115	296.31	0.76	0,722	14.77	1.261	0.4026	492.0	3	80.75	3
100	321.3	0.76	0,621	12.88	1.261	0.534	552.25	3	67.56	3
94	330.9	0.76	0,641	10.88	1.261	0.4663	537.5	3	63.43	3

Была исследована энергетическая зависимость значений V и W для системы ^{12}C ($^{16}\text{O}, ^{16}\text{O}$) ^{12}C (рис.1.), которая показала, что с уменьшением энергии значения глубин реальной части возрастают и могут быть аппроксимированы формулой: $V = 417.121 - 0,9556E$ (МэВ), а мнимой уменьшаются: $W = 8,6791 + 0,0459E$ (МэВ). Эти зависимости были установлены для фиксированной геометрии потенциалов, значения которых приведены выше по тексту.



(a)-

Взаимосвязь между глубиной действительного потенциала и энергией, (b)-глубиной мнимого потенциала и энергией для системы $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$.

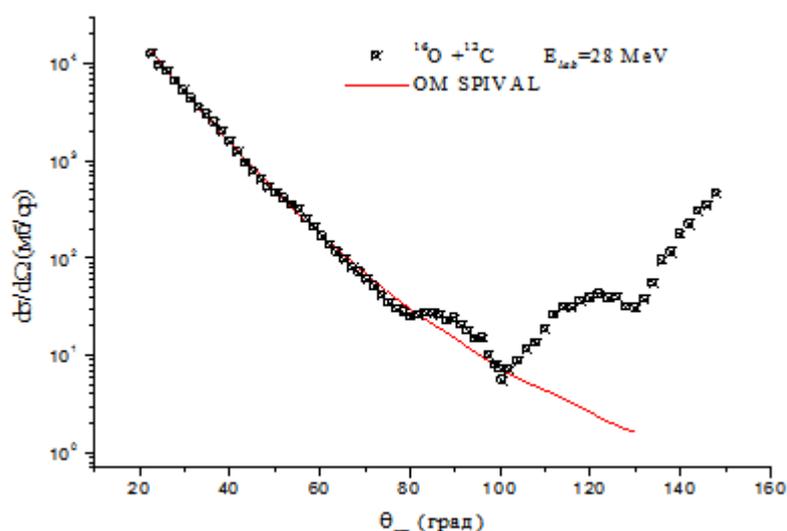
Рис. 1. Зависимость глубин оптического потенциала от энергии.

Экспериментальные данные по дифференциальным поперечным сечениям упругого рассеяния ионов кислорода на ядрах ^{12}C измеренные при энергиях 28, 24, 20 МэВ в диапазоне

углов 12° - 72° в л.с.к. не удастся воспроизвести с использованием параметров оптического потенциала из глобальной систематики установленной выше. Как было замечено ранее, с уменьшением энергии возрастает разногласие между экспериментальными и расчетными данными. Это расхождение удалось избежать с использованием более мелкой глубины для действительной части потенциала из другого дискретного семейства при той же величине объемного потенциала. Постоянство величины J_V достигается за счет учета корреляции между глубиной и радиусом потенциала. Уменьшение глубины действительной части потенциала компенсируется увеличением значений радиусов. Полученные в таком подходе результаты описания экспериментальных данных показаны на рисунках 2, 3, 4.

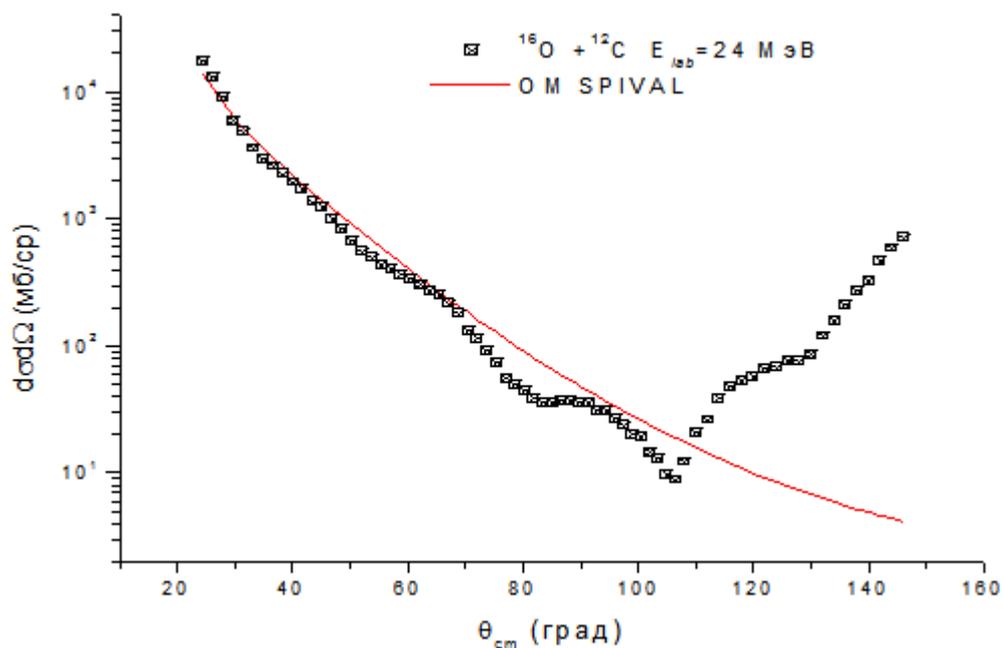
Установленные по такой процедуре оптимальные параметры оптического потенциала при низких энергиях включены в таблицу 2.

Как видно из рисунков, теоретические расчеты сечений упругого рассеяния $^{12}\text{C}(^{16}\text{O},^{16}\text{O})^{12}\text{C}$ по оптической модели полностью воспроизводят угловые распределения в передней полусфере, и резко расходятся в обратной полусфере, поскольку значения расчетных сечений экспоненциально спадают с ростом угла рассеяния, что характерно механизму потенциального рассеяния. Следовательно, для воспроизводства угловых распределений упругого рассеяния под обратными углами наряду с потенциальным механизмом необходимо учитывать и вклады других механизмов, в частности механизма обмена кластерами.



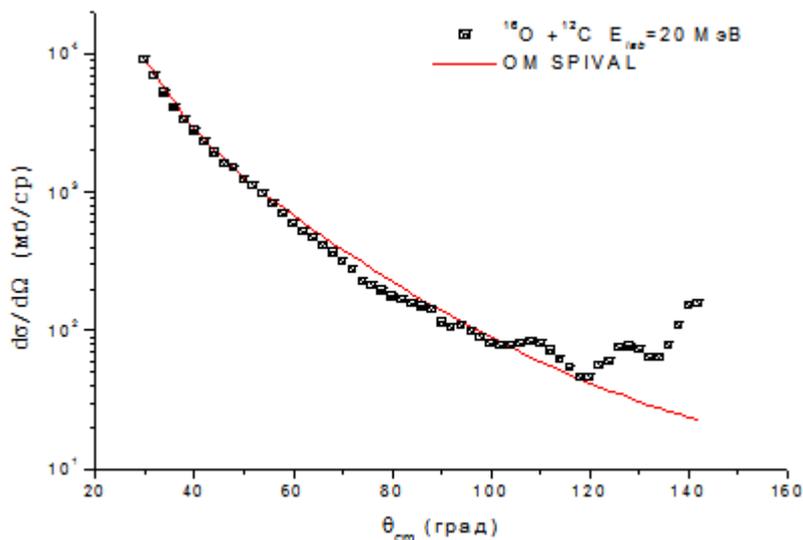
Символы – экспериментальные дифференциальные сечения упругого рассеяния, сплошная линия – результаты расчета по оптической моделью выполненные с использованием программы SPIVAL.

Рис. 2. Угловое распределение упругого рассеяния ионов ^{16}O на ядрах ^{12}C при энергии 28 МэВ.



Символы – экспериментальные дифференциальные сечения упругого рассеяния, сплошная линия – результаты расчета по оптической модели выполненные с использованием программы SPIVAL.

Рис. 3. Угловое распределение упругого рассеяния ионов ^{16}O на ядрах ^{12}C при энергии 24 МэВ.



Символы – экспериментальные дифференциальные сечения упругого рассеяния, сплошная линия – результаты расчета по оптической модели выполненные с использованием программы SPIVAL

Рис. 4. Угловое распределение упругого рассеяния ионов ^{16}O на ядрах ^{12}C при энергии 20 МэВ.

Таблица 2

Оптимальные параметры оптических потенциалов для системы $^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ полученные с использованием программы SPIVAL.

Ядерная система	E_{lab} (МэВ)	V_0 (МэВ)	Γ_r (ФМ)	a_r (ФМ)	W_0 (МэВ)	Γ_w (ФМ)	a_w (ФМ)	Γ_c (ФМ)	J_V МэВ ФМ ³	J_W МэВ ФМ ³
$^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$	28	98.28	1.18*	0.458	11.94	1.25*	0.378	1.25*	417.07	58.88
$^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$	24	92.91	1.18*	0.453	16.87	1.25*	0.294	1.25*	393.76	81.87
$^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$	20	107.06	1.18*	0.439	39.0	1.25*	0.155	1.25*	452.06	186.2

В полученных экспериментальных сечениях не наблюдаются ярко выраженные осцилляции и подъемы. Это вероятно связано с тем, что в исследуемых системах сечение формирует чисто потенциальное и отсутствует вклад каких-либо обменных процессов.

Полученные потенциалы можно будет использовать для модельных расчетов выходов ядерных реакций необходимых для астрофизических приложений.

Литература:

1. A. A. Ogloblin, Yu. A. Glukhov, W. H. Trzaska, New measurement of the refractive, elastic $^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$ scattering at 132, 170, 200, 230, and 260 MeV incident energies // PHYSICAL REVIEW C, VOLUME 62, 044601.
2. Гриднев К. А., Родионова Е. Е., Фадеев С. Н. Анализ рассеяния $^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$ и $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ в широком диапазоне энергий // Вестник СПбГУ, 2007, сер. 4, вып. 4, с. 49.