

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИЙ И АМПЛИТУДЫ РАССЕЙЯНИЯ НА НУЛЕВОЙ УГОЛ К СТРУКТУРЕ ЯДЕРНОГО ОПТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ АЛЬФА-ЧАСТИЦ ПРИ ЭНЕРГИИ 1,37 ГэВ

В.П. Заварзина, А.В. Степанов

Для упругого рассеяния альфа-частиц на ядрах изотопов кальция при энергии 1,37 ГэВ показано, что действительная часть амплитуды рассеяния на нулевой угол обладает высокой чувствительностью к форме вещественной части оптического потенциала.

Экспериментальные указания на отклонение формы действительной части ReU протон-ядерного оптического потенциала (ОП) от стандартной формы Вудса—Саксона (ВС) /1/ созвучны теоретическим предсказаниям, согласно которым эти отклонения могут быть интерпретированы либо как проявление эффектов ядерной среды, либо эффектов релятивистской динамики взаимодействующих нуклонов /2/. Аналогичные результаты были получены для ReU в случае рассеяния альфа-частиц на ядрах изотопов кальция при энергии 1,37 ГэВ /3/. В работе /4/ был проведен анализ чувствительности сечения реакций σ_R , полного сечения σ_T и действительной части амплитуды рассеяния протонов на нулевой угол $ReF(0)$ и было показано, что именно последняя величина обладает наибольшей чувствительностью к форме ReU .

В настоящей заметке приведены результаты расчетов σ_R , σ_T и $ReF(0)$ по формулам работы /4/ с феноменологическими ОП из статьи /3/ для столкновений альфа-частиц с ядрами изотопов кальция. Эти потенциалы, одинаково эффективные при анализе данных по упругому рассеянию, имеют разную форму зависимости ReU от пространственных координат: Вудса — Саксона и так называемая форма "мексиканской шляпы" (МШ) /3/. Характерным отличием МШОП от ВСОП является сочетание относительно сильного отталкивания во внутренней области ядра со слабым притяжением на периферии (при $r \geq 5$ Фм для изотопов Са). В условиях сильного поглощения, которое реализуется в ядро-ядерных столкновениях при промежуточных энергиях, некоторые наблюдаемые должны быть чувствительны к форме ОП в указанной области пространства.

Результаты расчета σ_R , σ_T , $ReF(0)$ и $Re\bar{F}(0)$ приведены в таблицах 1 и 2 (\bar{F} — амплитуда упругого рассеяния, которая в разложении по парциальным волнам в отличие от F содержит кулоновские фазы)*. Отметим высокую точность эйконального приближения (ЭП): для σ_R и σ_T

* Приведенные в /3/ значения σ_R отличаются от полученных нами на 80 мбн для всех изотопов Са, что связано с учетом в настоящей работе релятивистской кинематики и отдачи ядра-мишени, которые не включены в вычислительную процедуру /3/.

величина неэikonальной поправки не превышает 1%, а для $\text{Re}F(0)$ — 10%. Эта поправка возрастает, когда абсолютное значение амплитуды невелико. Сопоставление данных таблиц 1 и 2 и пространственной зависимости различных форм ОП (см. рисунки в работе /3/) показывает, что различие в вычисленных значениях σ_R , σ_T и $\text{Re}F(0)$ ($\text{Re}\bar{F}(0)$) тем больше, чем сильнее различаются соответствующие ОП на периферии ядра. Наибольшей чувствительностью обладает $\text{Re}F(0)$. Особо интересен случай рассеяния $\alpha^{42}\text{Ca}$, когда на периферии ядра ^{42}Ca в разных вариантах ОП различны только действительные части ОП, а мнимые — практически совпадают. В табл. 2 значения σ_R вычислены с учетом кулоновского взаимодействия, которое было аппроксимировано взаимодействием точечных зарядов.

Таблица 1

Сечения σ_T и σ_R (в мбн) и вещественная часть амплитуды рассеяния на нулевой угол $\text{Re}F(0)$ (в Фм) для взаимодействия ^4He с ядрами кальция, рассчитанные по оптической модели при энергии 342 МэВ/нуклон

Ядро	Форма ОП	$\sigma_R^{\text{оп}}$	σ_R	$\sigma_T^{\text{оп}}$	σ_T	$\text{Re}F(0)^{\text{оп}}$	$\text{Re}F(0)$
^{40}Ca	BC	1240	1244	2018	2019	37,5	35,2
	МШ	1317	1319	2135	2127	54,5	52,2
^{42}Ca	BC	1201	1205	1967	1968	46,7	44,7
	МШ	1139	1137	1801	1795	-9,8	-11,1
^{44}Ca	BC	1296	1299	2106	2107	32,0	29,7
	МШ	1270	1270	2027	2024	4,1	2,1
^{48}Ca	BC	1364	1367	2222	2223	25,5	23,0
	МШ	1372	1375	2215	2214	28,9	26,7

Т а б л и ц а 2

Сечения σ_R , $\tilde{\sigma}_T$ (в мбн) и $ReF(0)$ (в Фм) для взаимодействия ${}^4\text{He}$ с ядрами кальция, рассчитанные по оптической модели при энергии 342 МэВ/нуклон*

Ядро	Форма ОП	σ_R	$\sigma_T^{\text{ЭП}}$	$\tilde{\sigma}_T$	$Re\tilde{F}(0)^{\text{ЭП}}$	$Re\tilde{F}(0)$
${}^{40}\text{Ca}$	BC	1234	-1949	-1941	25,7	27,9
	МШ	1309	-2173	-2160	27,1	28,5
${}^{42}\text{Ca}$	BC	1196	-1955	-1948	17,5	19,5
	МШ	1128	-1599	-1588	54,0	54,9
${}^{44}\text{Ca}$	BC	1290	-1987	-1979	41,0	43,2
	МШ	1260	-1803	-1792	58,6	60,2
${}^{48}\text{Ca}$	BC	1357	-2042	-2032	59,0	61,2
	МШ	1365	-2060	-2049	58,0	59,8

* $\tilde{\sigma}_T$ определяется $Im\tilde{F}(0)$ по оптической теореме [4].

Мы исследовали зависимость σ_R , σ_T и $ReF(0)$ от величины мнимой части ОП ImU . Увеличение ImU усиливает вклад периферических процессов, а при уменьшении ImU более заметной становится роль внутренней области ядра. Сечение реакций и полное сечение монотонно растут при увеличении ImU для обеих форм ОП (BC и МШ), а $ReF(0)$ для ВСОП при этом монотонно убывает. В случае МШОП конкуренция отталкивания во внутренней области ядра и притяжения на периферии приводит к появлению максимума в зависимости $ReF(0)$ от ImU и к возможному изменению ее знака. Эти выводы следуют из анализа рис. 1. Проверить эти заключения можно, сопоставляя экспериментальные значения $ReF(0)$ для ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ в области энергий от 150 МэВ/нуклон до 500 МэВ/нуклон. При измерениях в широком интервале энергий различие в ImU для этих ядер может оказаться достаточным для того, чтобы экспериментально установить немонотонную зависимость $ReF(0)$ от ImU в том случае, если реализуется форма МШОП. Исследование в широком диапазоне энергий падающей частицы важно и потому, что позволяет выделить области, где отклонение ReU от формы BC максимально, и провести сравнение со случаем протон-ядерного рассеяния. Другой путь — сопоставить $ReF(0)$ для столкновений ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ с ядрами изотопов, которые обладают близкими ReU , но заметно различными ImU .

Приведенные выше заключения относятся к $\text{Re}F(0)$. Значения $\text{Re}F(0)$, которые можно извлечь

из данных по упругому рассеянию в области кулон-ядерной интерференции /5/, подвержены влиянию кулоновского взаимодействия, и для перехода от \bar{F} к F необходима дополнительная обработка данных, чтобы выделить известную фазу Бете /6/.

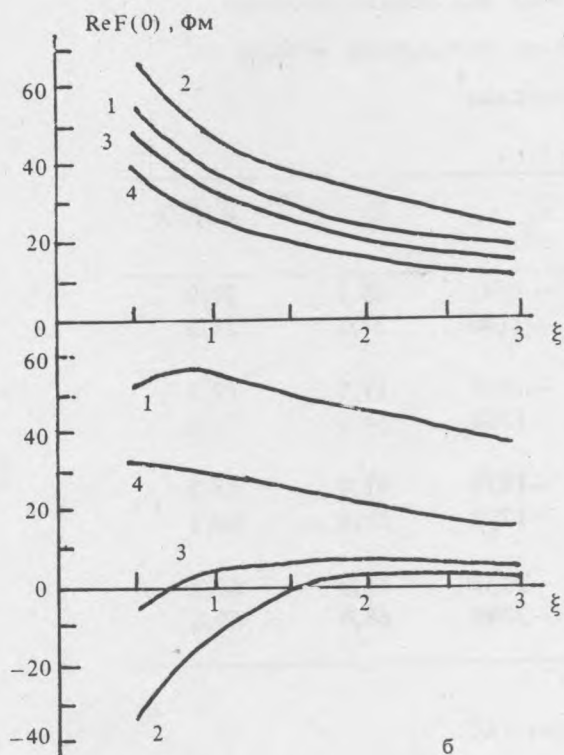


Рис. 1. Графики зависимости $\text{Re}F(0)$ от величины мнимой части ОП $\text{Im}U = \xi \text{Im}U_0$ для рассеяния альфа-частиц при энергии 342 МэВ/нуклон на ядрах изотопов Ca. Значения $\text{Im}U_0$ взяты из работы /3/. а — форма ВСОП, б — форма МНОП; кривые 1 — 4 соответствуют изотопам ^{40}Ca , ^{42}Ca , ^{44}Ca , ^{48}Ca .

Авторы признательны В.А. Сергееву за интерес к работе и обсуждение результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nadasen A. et al. Phys. Rev., C23, 1023 (1981); Meyer H.O. et al. Phys. Rev., C23, 616 (1981); C27, 459 (1983); Glover C.W. et al. Phys. Rev., C31, 1 (1985).
2. Satchler G.R. Nucl. Phys., A394, 349 (1983); Jaminon M. et al. Phys. Rev., C22, 2027 (1980); Ricus L. et al. Nucl. Phys., A414, 413 (1984); A426, 496 (1984); Arnold L.G. et al. Phys. Rev., C19, 917 (1979); Заварзина В. П., Степанов А. В. ЭЧАЯ, 19, 932 (1988).
3. Nakano M. et al. Phys. Rev., C40, 1323 (1989).
4. Заварзина В. П., Степанов А. В. ЯФ, 43, 854 (1986).
5. Lipperheide R. Nucl. Phys., A469, 190 (1987).
6. Bethe H. Ann. Phys., 3, 190 (1958).

Институт ядерных исследований АН СССР

Поступила в редакцию 3 декабря 1990 г.