

РАСЧЕТ СЕЧЕНИЙ РЕАКЦИЙ И АМПЛИТУДЫ РАССЕЯНИЯ НА НУЛЕВОЙ УГОЛ ДЛЯ НУКЛОНОВ И АНТИНУКЛОНОВ СРЕДНИХ ЭНЕРГИЙ НА ЯДРАХ

В.П. Заварзина, А.В. Степанов

УДК 539.17.01

В рамках оптической модели вычислены полное сечение σ_T , сечение реакций σ_R и действительная часть амплитуды рассеяния на нулевой угол $ReF_N(0)$ для нуклонов и антинуклонов средних энергий. Показано, что значения $ReF_N(0)$ более чувствительны к вариациям параметров оптического потенциала, чем σ_T и σ_R .

Значительная неоднозначность в глубинах и форме оптического потенциала (ОП) $V_{\text{ОП}}$, описывающего угловые распределения упруго рассеянных частиц в случае взаимодействия антипротонов промежуточных энергий с ядрами /1–3/, а также теоретические /4–7/ и экспериментальные /8/ указания на возможные отклонения $V_{\text{ОП}}$ от стандартной формы Вудса-Саксона (ВС) для протонов с энергией 100 – 200 МэВ требуют подробного анализа чувствительности σ_T , σ_R и $ReF_N(0)$ к параметрам ОП. В работе /7/ проведено сравнение двух ОП, одинаково эффективно описывающих угловые распределения упруго рассеянных протонов, но существенно различающихся зависимостью действительной части ядерного центрального слагаемого в ОП от пространственных координат: одна модель – стандартная форма (ВС), другая – модель "дна винной бутылки" (ДВБ), в которой действительная часть центрального потенциала возрастает при переходе от поверхности к центру ядра и может менять знак. Оказалось, что хотя эти две формы ОП и обладают существенно разными средними по объему ядра компонентами, вычисленные сечения реакций отличаются лишь на несколько десятков процентов. В настоящей работе по оптической модели рассчитаны σ_T , σ_R и $ReF_N(0)$ как для ОП в форме ВС, так и для нескольких нестандартных вариантов нуклонных и антинуклонных ОП. В качестве расчетного метода используется первое приближение "эйконального разложения" – теории возмущений по отклонению волновой функции налетающей частицы от ее волновой функции в эйкональ-

ном приближении (ЭП). Возможность ограничиться первой поправкой к ЭП в случае нуклонов обусловлена относительной малостью $|V_{\text{опт}}|$ (при $E_p = 100$ МэВ $|\text{Re}V_{\text{опт}}| \sim 0,25 - 0,30$, $|\text{Im}V_{\text{опт}}|/|\text{Re}V_{\text{опт}}| \sim 0,25$), а в случае антинуклонов — их сильным поглощением уже в поверхностном слое ядра, где эффективные значения $V_{\text{опт}}$ падают в 10-15 раз по сравнению с глубиной ОП в центре ядра /2/. * Адекватность этого метода продемонстрирована на ряде примеров в работе /9/.

В табл. 1 приведены результаты расчета σ_R , σ_T и $\text{Re}F_N(0)$ для протонов с энергией $E_p \lesssim 200$ МэВ для ОП типа ВС и ДВБ. Отклонение пространственной зависимости действительной части ОП от стандартного вида ВС, как и в работе /7/, моделировалось добавлением слагаемого, пропорционального производной от функции ВС по радиусу. Сравнение результатов наших расчетов для указанных двух форм ОП показывает, что отношение $|\text{Re}F_N(0)|^{\text{BC}}/|\text{Re}F_N(0)|^{\text{ДВБ}} \approx 2$, хотя значения σ_T и σ_R различаются не более чем на 50%. В табл. 2 приведены результаты расчетов σ_R , σ_T и $\text{Re}F_N(0)$ для случая взаимодействия антипротонов с ядрами. Относительная поправка к результатам ЭП для антипротонов больше, чем для протонов, поскольку нет частичного (или полного) гашения кулоновской и ядерной незйкональной поправок. Полное сечение σ_T как функция энергии антинейтронов для ОП с достаточно большой величиной $|\text{Re}V_{\text{опт}}|$ проявляет слабые (демпфированные сильным поглощением) осцилляции. Немонотонная зависимость $\sigma_T(E_{\bar{n}})$ в случае потенциала ВС менее выражена, чем для потенциала с резким краем, который был рассмотрен в работе /10/. Значения $\text{Re}F_N(0)$, вычисленные в ЭП, малы, и вклад незйкональных поправок оказывается значительным. Представление о чувствительности σ_T , σ_R и $\text{Re}F_N(0)$ к вариациям параметров ОП можно получить из данных таблицы 2.

Проведенный сравнительный анализ чувствительности ряда характеристик взаимодействия нуклонов и антинуклонов промежуточных энергий с ядрами показал, что вариации параметров ОП наиболее сильно сказываются на значениях $\text{Re}F_N(0)$. Если разные ОП, одинаково удовлетворительно описывающие угловые распределения упруго рассеянных частиц, приводят к относительно близким значениям σ_T и σ_R , то значения $\text{Re}F_N(0)$ могут различаться для этих моделей ОП в два раза. Такую же чувствительность к форме ОП проявляют и сечения возбуждения коллективных уровней в ядрах /7/. Совместное исследование неупругого рассеяния и отыскание $\text{Re}F_N(0)$ в эксперимен-

* Мы ввели безразмерный оптический потенциал $V_{\text{опт}} \sim V_{\text{опт}}/E$, определенный в работе /9/.

Таблица 1

Сечения σ_T , σ_R (мб) и $\text{Re}F_N(0)$ (Φ_m) для протонов, рассчитанные по оптической модели*

Ядро	Энергия, МэВ	Форма ОП	$\text{Re}F_N^{\text{эл}}(0)$, Φ_m	$\text{Re}f_N(0)$, Φ_m	$\text{Re}F_N(0)$, Φ_m	σ_T , мб	σ_R , мб	σ_R^* мб	$\frac{\text{Re}F_N(0)}{\text{Im}F_N(0)}$
^{40}Ca	181	BC	21,25	21,39	20,69	1009	462	409	0,86
		ДВБ1	12,58	11,80	11,83	1006	636	589	0,49
		ДВБ2	12,40	11,60	11,70	1020	653	604	0,48
^{208}Pb	200	BC	26,90	27,94	22,50	3672	1936	1846	0,24
		ДВБ1	19,93	17,41	16,32	3356	1953	1882	0,19
		ДВБ2	18,50	15,45	15,16	3256	1921	1855	0,18
		ДВБ3	17,33	13,90	14,19	3209	1908	1842	0,17

* Расчет $\text{Re}f_N(0)$ был выполнен при $V_c = 0$. В случае ^{40}Ca эти значения описывают рассеяние нейтронов с точностью лучше 10%.

** Данные работы [7].

Сечения σ_T и $\text{Re}F_N(0)$ для антипротонов, рассчитанные по оптической модели

Ядро	Энергия МэВ	Форма ОП	$\text{Re}F_N^{\text{ЭП}}(0)$, Фм	$\text{Re}F_N(0)$, Фм	σ_T , мб	$\text{Re}F_N(0)/\text{Im}F_N(0)$
^{40}Ca	60	BC	2,40	- 0,88	2476	- 0,026
		ДВБ1	3,09	0,73	2153	0,025
	181	BC	3,92	1,26	2083	0,025
		ДВБ1	5,09	3,29	1742	0,079
^{208}Pb	60	BC	2,12	- 4,46	7058	- 0,046
		ДВБ1	2,96	- 2,93	6410	- 0,033
	200	BC	4,33	- 1,34	5670	- 0,009
		ДВБ1	5,78	0,74	5093	0,006

* Параметры функций, описывающих пространственную зависимость и глубину действительной части ОП, взяты из работы /7/ для протонов; $|\text{Im}V_0| = 100$ МэВ.

гах по ядерно-кулоновской интерференции в упругом рассеянии протонов и антипротонов позволит сузить круг возможных значений параметров ОП. В случае рассеяния нейтронов аналогичный результат можно было бы получить, извлекая $|\text{Re}F_N(0)|$ из экспериментальных данных по σ_T и дифференциальному сечению упругого рассеяния под нулевым углом, измеренных с точностью до нескольких процентов.

Авторы благодарны В.А. Сергееву за интерес к работе.

Институт ядерных исследований

Поступила в редакцию 14 мая 1985 г.

АН СССР

ЛИТЕРАТУРА

1. Mac Kellar A. D., Satchler G. R., Wong C. Y. Zeits Phys., A316, 35 (1984).
2. Garreta D. et al. Phys. Lett., B135, 266; B149, 64 (1984).

3. Kubo K. T., Toki H., Igarashi M. Nucl. Phys., A435, 705 (1985).
4. Jaminon M., Mahaux C., Rochus P. Phys. Rev., C22, 2027 (1980).
5. Kobos A. M., Haider W., Rock J. R. Nucl. Phys., A417, 256 (1984).
6. Ricus L., Nakano K., Von Geramb H. V. Nucl. Phys., A414, 413 (1984); Ricus L., Von Geramb H. V. Nucl. Phys., A426, 496 (1984).
7. Satchler G. R. Nucl. Phys., A394, 349 (1983).
8. Meyer H. O. et al. Phys. Rev., C23, 616 (1981); C24, 1782 (1981); C27, 459 (1983). Glover C. W. et al. Phys. Rev., C31, 1 (1985).
9. Заварзина В. П., Степанов А. В. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 7, 40 (1985).
10. Bracci L. et al. Nuovo Cimento, A78, 306 (1983).