

РАССЕЯНИЕ ПИОНОВ НА ЛЕГЧАЙШИХ ЯДРАХ ПРИ МАЛЫХ ЭНЕРГИЯХ И ПИОН-ЯДРОНЫЙ σ -ЧЛЕН

В. П. Воросинин, Д. А. Зайкин

УДК 539.125.17

Приводится уточненный результат оценки пион-ядронного σ -члена из экспериментальных данных по рассеянию пионов на ядрах с $A \leq 4$ при малых энергиях. Этот результат ($\sigma_{\pi N} \approx 32$ МэВ) находится в согласии с результатами большинства оценок, полученных другими методами.

В недавней работе авторов /1/ была проведена оценка пион-ядронного σ -члена, исходя из экспериментальных данных по рассеянию пионов на легчайших ядрах. Для этого было использовано соотношение типа правила сумм /2/, связывающее изосимметричную амплитуду рассеяния пионов на ядре в мягкоэнергетическом пределе $T^+(0)$ с такой же амплитудой на физическом пороге $T^+(m_\pi)$:

$$T^+(m_\pi) = T^+(0) + \frac{i}{2m_\pi^2 f_\pi^2} \left[d^3x \langle B | \bar{D}^+(0), \bar{D}^+(\vec{x}, 0) | B \rangle - \right. \\ \left. - \left[\frac{m_\pi^2}{\pi} \sum_n (2\pi)^3 \delta(\vec{P}_n - \vec{P}_B) \frac{\langle B | j_\pi^-(0) | n \rangle \langle n | j_\pi^+(0) | B \rangle}{(E_n - E_B) [m_\pi^2 - (E_n - E_B)^2]} - \text{c.t.} \right] \right]. \quad (I)$$

Здесь m_π — масса пиона, f_π — константа распада заряженного пиона, \bar{D}^\pm — дивергенции аксиальных токов, соответствующих положительным и отрицательным пионам, $|B\rangle$ — основное состояние ядра, j_π^\pm — функция пионного источника; сумма берется по промежуточным состояниям $|n\rangle$, включая состояния без

пиона с возбужденным ядром и с одним пионом и ядром в основном или возбужденном состоянии; E_n и \vec{P}_n - энергия и импульс промежуточной системы; с.т. соответствует перекрестному члену с $J_\pi^- = J_\pi^+$ и $E_n = E_B = E_B - E_n$.

Амплитуда $T^+(0)$ может быть представлена в виде

$$T^+(0) = -\frac{1}{2f_\pi^2} \langle V[\bar{Q}^+(0), \bar{A}_0^-(0)] | B \rangle = -\frac{2m_N}{f_\pi^2} \sigma_{\pi N} \quad (2)$$

где \bar{Q} - аксиальный заряд, \bar{A}_0 - нулевая компонента аксиального тока, m_N - масса нуклона; σ - пион-нуклонный σ -член (или σ -коммутатор), являющийся мерой несохранения аксиального тока и определяемый как

$$\sigma_{\pi N} = \frac{1}{4m_N} \langle V[\bar{Q}^+(0), [\bar{Q}^-(0), H(0)]] | B \rangle, \quad (3)$$

где H - плотность гамильтониана сильных взаимодействий.

Если в сумме (1) выделить явно когерентное перерассеяние, когда ядро остается в основном состоянии, т.е. $|n\rangle = |B\rangle$, то соотношение (1) может быть переписано в виде

$$T^+(m_\pi) = T_B^+ + \frac{m_\pi^2}{(2\pi)^3 2M} \left| \frac{d^3 q}{q^2 \omega_q^2} \right| [2 |T_{\alpha q}^-|^2 + |T_{\alpha q}^+|^2]. \quad (4)$$

Здесь M - масса ядра, q и ω_q - импульс и энергия пиона в промежуточном состоянии; $T_{\alpha q}^\pm$ - изосимметричная и изоантисимметричная части амплитуды когерентного рассеяния $T_{\alpha q}^{\alpha\beta} = \langle B(0) | J_\pi^\alpha(0) | B(-q) \rangle \pi^\beta(q)$, α и β - изотопические индексы пиона. Величина T_B^+ включает в себя мягкокионную часть изосимметричной амплитуды и поправки на некогерентное перерассеяние, т.е. члены в сумме (1) с $|n\rangle = |B^* \rangle$. В работе /2/ было показано, что амплитуда T_B^+ соответствует борновской амплитуде потенциальной модели пион-ядерного рассеяния, которая известна из анализа данных об уровнях π -мезоатомов.

Отметим, что аналогичные правила сумм получаются и для изоантисимметричной части амплитуды T^- пион-ядерного рассеяния (см. /1, 2/).

Таким образом, отдельные члены правила сумм (I) или (4) могут быть определены независимо с учетом имеющихся экспериментальных данных. Иными словами, возникает возможность их проверки на самосогласование, что особенно просто сделать для ядер с $A \leq 4$, для которых с одной стороны, имеются экспериментальные данные по пороговым значениям амплитуд рассеяния пионов, а с другой, уменьшается неопределенность в оценке вкладов промежуточных состояний. При этом, поскольку поглощение пионов на таких ядрах при малых энергиях невелико, достаточно провести сравнение вещественных частей отдельных членов правила сумм. В результате такая процедура позволяет вычислить значение пион-нуклонного σ -члена.

Эта программа была проведена в работе /1/, в результате чего для σ -члена было получено значение 26 МэВ.

Однако после проведения этих расчетов появились новые, более точные данные по борновским амплитудам /3/, а также некоторые уточненные данные по длинам рассеяния пионов на ядрах с $A \leq 4$. Это привело к необходимости уточнения наших расчетов. Результаты приведены в табл. I, в которой длины рассеяния даны в единицах m_{π}^{-1} . При этом, согласно (4), должно выполняться и (как видно из таблицы) выполняется равенство $a(m_{\pi}) = a_B + a_{\text{ког}}$, где

Таблица I.

Ядро		$a(m_{\pi})$	$a_B /3/$	$a_{\text{ког}}$	$a_{\text{неког}}$	$a_B + a_{\text{ког}}$
^1H	a^+	$-0,004 \pm 0,009 /5/$	$-0,033 \pm 0,005$	0,036		0,003
	a^-	$0,094 \pm 0,009 /5/$	$0,095 \pm 0,007$	0,016		0,111
^2H	a^+	$-(0,052 \pm 0,022) /6/$ $-0,017$	$-0,066 \pm 0,007$	0,005		-0,065
^3He	a^+	$-0,060 \pm 0,006 /7/$	$-0,099 \pm 0,009$	0,046	0,004	-0,053
	a^-	$0,100 \pm 0,006 /7/$	$0,095 \pm 0,007$	-0,004	0,004	0,091
^4He	a^+	$-0,101 \pm 0,003 /8/$	$-0,132 \pm 0,010$	0,021	0,011	-0,111

a_D — борновская длина рассеяния, $a_{\text{кор}}$ — поправка к длине рассеяния на когерентное перерассеяние, $a(\text{ш}_D)$ — вещественная часть экспериментальной длины рассеяния. В таблице приведены также и некогерентные поправки $a_{\text{неког}}$, рассчитанные так же, как в /1/. Для оценки интеграла когерентного перерассеяния в (4) амплитуды вне массовой поверхности аппроксимировались физическими амплитудами с фактором $/4/ (1 + q^2/\alpha^2)^{-1}$, где $\alpha = 500$ МэВ.

В результате для σ -члена получается значение $\sigma_{\text{ш}_D} = 32$ МэВ. Это значение согласуется с большинством оценок σ -члена, проведенных различными методами, за исключением методов, использующих дисперсионные соотношения и экстраполяцию амплитуды рассеяния в точку Ченга — Дашена. Сравнение результатов различных методов оценки $\sigma_{\text{ш}_D}$ и анализ причин указанного расхождения приводится в работах авторов /9/.

Поступила в редакцию
22 октября 1982 г.

Институт ядерных исследований
АН СССР

Л и т е р а т у р а

1. В. П. Ефросинин, Д. А. Заикин, ЯФ, 33, 75 (1981).
2. M. Ericson, M. Rho, Phys. Rep., С5, 57 (1972).
3. K. Stricker et al., Phys. Rev., С22, 2043 (1980).
4. W. R. Gibbs et al., Phys. Rev., С13, 2433 (1978).
5. G. Rowe et al., Phys. Rev., С18, 584 (1978).
6. J. Hüfner, Phys. Rep., С21, 3 (1975).
7. I. Schwanner et al., Phys. Lett., 96B, 268 (1980); Cheon Il-Tong, T. von Egid, Nucl. Phys., A234, 401 (1974).
8. C. R. Mason et al., TRIUMF, report, 1979, TRI-PP-79-17.
9. В. П. Ефросинин, Д. А. Заикин, Труды симпозиума "Нуклон-нуклонные и пион-нуклонные взаимодействия при промежуточных энергиях", Гатчина, 1982 г., ЯФ, 35, 1546 (1982); 37 (1983).