

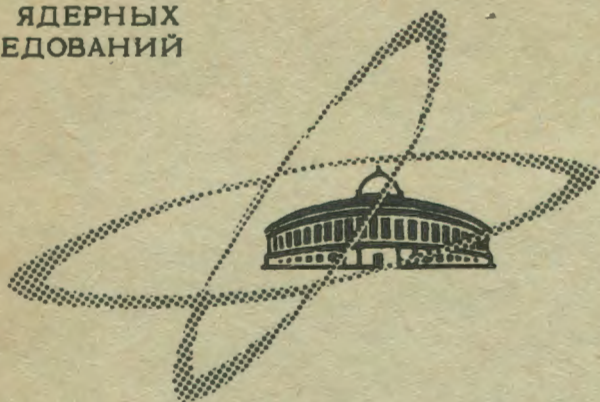
Г- 859

9/IX - 68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2 - 3972



В.Г.Гришин, А.Г.Лазерсон, М.И.Подгорецкий

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ПРИБЛИЖЕННЫЕ
ИЗОТОПИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ

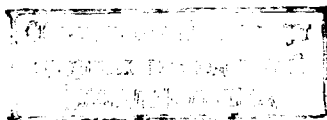
1968

2 - 3972

7425/2 ч.

В.Г.Гришин, А.Г.Лазерсон, М.И.Подгорецкий

ПРИБЛИЖЕННЫЕ
ИЗОТОПИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ



1. Гипотеза об изотопической инвариантности позволяет получать соотношения между сечениями реакций, не зависящие от динамики процессов. При конкретизации механизма реакций иногда можно получить новые изотопические соотношения, которые справедливы только в рамках сделанных дополнительных предложений. Например, хорошо известны соотношения между сечениями πN -рассеяния и перезарядки в области $(3/2, 3/2)$ -резонанса, равенство сечений $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^0 p$ и $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^0 p$ в рамках одномезонной схемы, соотношения для реакции $\pi N \rightarrow \pi \pi N$ вблизи порога и т.п. /1,2/.

Обычно в этих случаях полагают одну из участвующих в процессе амплитуд равной нулю. В настоящей работе выводится ряд приближенных изотопических соотношений, справедливых в пренебрежении квадратом модуля одной из амплитуд, но с учетом её интерференции с другими амплитудами. Если рассматриваемая амплитуда на порядок меньше остальных, то эти соотношения выполняются с точностью $\approx 1\%$, т.е. в пределах нарушения изотопической инвариантности электромагнитными взаимодействиями.

Приведем примеры подобных приближенных соотношений.

2. Рассмотрим реакции $\pi N \rightarrow \pi N$:

$$\pi^+ + p \rightarrow \pi^+ + p, \quad (1)$$

$$\pi^- + p \rightarrow \pi^- + p, \quad (2)$$

$$\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n, \quad (3)$$

$$\pi^0 + p \rightarrow \pi^0 + p. \quad (4)$$

Между сечениями процессов (1-4) имеется одно общее соотношение:

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \sigma_3 + 2\sigma_4 \quad (5)$$

Если допустить, что в области (3/2, 3/2) - резонанса амплитуда реакции с $T=1/2$ много меньше амплитуды с $T=3/2$, то для сечений (1-3) можно написать приближенное соотношение:

$$\sigma_2 + \sigma_3 = \frac{1}{3} \sigma_1 \quad (6)$$

Известно, что при $f_{1/2} = 0$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_3}{2} = \frac{1}{9} \sigma_1 \quad (7)$$

поэтому можно ожидать, что по мере ухода от (3/2, 3/2) - резонанса соотношения (7) начнут нарушаться, в то время как соотношение (6) будет выполняться с хорошей точностью в более широкой области. Действительно, экспериментальные данные показывают, что равенство (7) выполняется в области $E_\pi = 120 - 210$ Мэв, а (6) - в области (100-300 Мэв).

3. Рассмотрим теперь рассеяние и перезарядку π -мезонов на нуклонах на углы $\approx 180^\circ$ при больших энергиях. В этом случае обычно предполагается, что идет обмен фермионами $N_{1/2}$ и $\Delta_{3/2}/3/$. Тогда можно получить следующие приближенные равенства:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + 2\sigma_4 \quad , \quad \text{если} \quad f_\Delta \ll f_N \quad (8)$$

и

$$\sigma_1 + \sigma_3 = \frac{1}{3} \sigma_2 \quad , \quad \text{если} \quad f_N \ll f_\Delta \quad (9)$$

Подобные соотношения можно написать и для реакций $k^-N \rightarrow \Sigma\pi$ при углах вылета π -мезонов $\approx 180^\circ$. В этом случае:

$$M(k^-p \rightarrow \Sigma^-\pi^+) = \frac{1}{2} \sqrt{1/6} f_\Delta + \sqrt{\frac{2}{3}} f_N \quad (10)$$

$$M(k^- p \rightarrow \Sigma^+ \pi^-) = \frac{1}{2} \sqrt{3/2} f_{\Delta} . \quad (11)$$

$$M(k^- p \rightarrow \Sigma^0 \pi^0) = \sqrt{\frac{1}{6}} (f_{\Delta} - f_N) . \quad (12)$$

Если $f_{\Delta} \gg f_N$, то

$$\sigma_{10} + \sigma_{12} = \frac{5}{9} \sigma_{11} . \quad (13)$$

Для $f_N = 0$ имеем:

$$\sigma_{10} : \sigma_{11} : \sigma_{12} = 1 : 9 : 4 . \quad (14)$$

Эксперимент дает: $\sigma_{10} : \sigma_{11} \approx 1 : 6$, т.е. соотношение (14) выполняется плохо $1/3$. Однако есть основания предположить, что $f_{\Delta} \gg f_N$. Тогда из равенства (13) можно определить сечение σ_{12} , которое ещё не измерено.

4. Обратимся теперь к неупругим процессам $\pi N \rightarrow \pi \pi N$.

Рассмотрим, например, реакции:

$$\pi^+ + p \rightarrow p + \pi^+ + \pi^0 , \quad (15)$$

$$\pi^- + p \rightarrow p + \pi^- + \pi^0 , \quad (16)$$

$$\pi^+ + p \rightarrow n + \pi^+ + \pi^+ , \quad (17)$$

$$\pi^0 + p \rightarrow n + \pi^+ + \pi^0 , \quad (18)$$

сечения которых выражаются следующим образом:

$$\sigma_{15} = \left| \frac{1}{\sqrt{10}} f_2^{3/2} - \frac{1}{\sqrt{2}} f_1^{3/2} \right|^2 ,$$

$$\sigma_{16} = \left| \frac{1}{\sqrt{10}} f_2^{3/2} + \frac{\sqrt{2}}{3} f_1^{1/2} + \frac{1}{3\sqrt{2}} f_1^{3/2} \right|^2 ,$$

$$\sigma_{17} = \frac{4}{5} |f_2^{3/2}|^2,$$

$$\sigma_{18} = \left| \frac{1}{\sqrt{5}} f_2^{3/2} - \frac{1}{3} f_1^{1/2} + \frac{1}{3} f_1^{3/2} \right|^2.$$

Здесь $f_{T_1}^{T_k}$ — амплитуда с полным изотопическим спином T_k и изоспином двух π -мезонов — T_1 .

Вблизи порога реакции, когда относительный импульс π -мезонов близок к нулю, $f_1^{T_k} \ll f_2^{T_k}$ и можно получить приближенное соотношение для дифференциальных сечений:

$$\sigma_{15} + \sigma_{18} + \sigma_{16} = \frac{1}{2} \sigma_{17} \quad (19)$$

и для полных сечений:

$$\sigma_{15}^t + \sigma_{16}^t + \sigma_{18}^t = \sigma_{17}^t \quad (19')$$

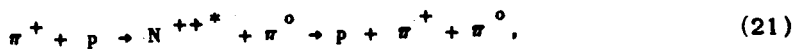
Считая, что $f_1^T = 0$, получим:

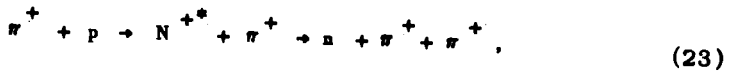
$$\sigma_{15} = \sigma_{18} = \frac{1}{2} \sigma_{18} = \frac{1}{8} \sigma_{17} \quad (20)$$

и

$$\sigma_{15}^t = \sigma_{16}^t = \frac{1}{2} \sigma_{18}^t = \frac{1}{4} \sigma_{17}^t \quad (20')$$

Если имеется небольшое отклонение от равенств (20) и (20'), то значит, что есть малая примесь амплитуд f_1^T , и тогда из соотношения (19) или (19') можно получить сечение σ_{18} , которое практически измерить невозможно. Обратимся к процессам, идущим с образованием изобар:





считая, что π -мезоны, возникающие при распаде изобар, можно выделить кинематически. Тогда, если предположить, что в области $(3/2, 3/2)$ -резонанса амплитуды с изотопическим спином $3/2$ системы π -мезон-нуклон много больше амплитуд с изотопическим спином $1/2$, получим следующее приближенное соотношение:

$$\sigma_{22} + \sigma_{23} = \frac{2}{3} \sigma_{21}. \quad (24)$$

5. Рассмотрим теперь реакции фоторождения π -мезонов на нуклонах. Их четыре:



Соответствующие амплитуды имеют вид:

$$M_{25} = \sqrt{\frac{2}{3}} A - \sqrt{\frac{2}{9}} B + \sqrt{\frac{2}{9}} C,$$

$$M_{26} = -\sqrt{\frac{2}{3}} A - \sqrt{\frac{2}{9}} B + \sqrt{\frac{2}{9}} C,$$

$$M_{27} = -\sqrt{\frac{1}{3}} A + \sqrt{\frac{1}{9}} B + \sqrt{\frac{4}{9}} C$$

$$M_{28} = \sqrt{\frac{1}{3}} A + \sqrt{\frac{1}{9}} B + \sqrt{\frac{4}{9}} C.$$

Здесь A – матричный элемент изоскалярного члена матрицы реакции,
 B – матричный элемент изовекторного члена, не меняющего изотопический спин,
 C – матричный элемент изовекторного члена, меняющего изотопический спин на единицу.

Если считать, что в области $(3/2, 3/2)$ – резонанса, т.е. при энергиях $E_\gamma = 320$ Мэв, $A=B=0$, $C \neq 0$, то получим соотношение:

$$\sigma_{25} = \sigma_{26} = \frac{1}{2}\sigma_{27} = \frac{1}{2}\sigma_{28}. \quad (29)$$

На опыте это не выполняется (эксперимент дает $\frac{\sigma_{27}}{\sigma_{25}} = 1,2^{1/4}$). Однако естественно думать, что вблизи резонанса все же доминирует амплитуда C , соответствующая состоянию (πN) с $T=3/2$. В этом случае имеем приближенное равенство:

$$x) \quad (30)$$

$$\sigma_{25} + \sigma_{27} = \sigma_{26} + \sigma_{28}.$$

Левая часть этого равенства в настоящее время известна из опыта, поэтому отсюда можно получить данные о сумме сечений фоторождения π -мезонов на нейтронах. Подобные соотношения могут быть получены и для других реакций, если сделать некоторые дополнительные предположения об их механизме.

Аналогичный подход возможен и в рамках $SU(3)$ – симметрии ^{15/}.

Авторы благодарны А.Л.Любимову, В.Л.Любошину, В.И.Огиевскому за полезные обсуждения.

x) Отметим, что равенство (30) имеет место также и в случае, когда все амплитуды A , B и C – одного порядка, если только выполнено условие $|C|^2 \gg \operatorname{Re} AB^*$