



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

1134/2-80

18/3-80
P2 - 12891

В.Л.Любошиц

ИЗОТОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ПРОЦЕССОВ РОЖДЕНИЯ И РАСПАДА
СИСТЕМЫ $\{N \pi \pi\}$ С ИЗОСПИНОМ $5/2$

1979

P2 - 12891

В.Л.Любошиц

ИЗОТОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ПРОЦЕССОВ РОЖДЕНИЯ И РАСПАДА
СИСТЕМЫ $\{N \pi \pi\}$ С ИЗСПИНОМ $5/2$

Любошиц В.Л.

P2 - 12891

Изотопический анализ процессов рождения и распада системы $\{N\pi\pi\}$ с изоспином $5/2$

В связи с экспериментальным обнаружением особенности в спектре эффективных масс комбинаций $\{p\pi^+\pi^+\}$ и $\{n\pi^-\pi^-\}$ при $M_R = 1,44$ ГэВ рассмотрены изотопические соотношения, связывающие сечения генерации различных зарядовых состояний предполагаемого резонанса с изоспином $5/2$ при взаимодействии π -мезонов и нуклонов с нуклонами. Найдены отношения парциальных ширин распада состояний $R_{T_3}^{(5/2)}$ с проекциями изоспина $T_3 = +5/2, +3/2, +1/2$. Вычислены относительные вероятности возможных каналов для реакций $\pi N \rightarrow R^{(5/2)} \pi \rightarrow N\pi\pi\pi$, $NN \rightarrow R^{(5/2)} (\pi N) \rightarrow NN\pi\pi\pi$, $NN \rightarrow R^{(5/2)} (N\pi\pi) \rightarrow NN\pi\pi\pi\pi$.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Lyuboshits V.L.

P2 - 12891

Isotopic Analysis of Production and Decay Processes of $\{N\pi\pi\}$ System with $5/2$ Isospin

In connection with experimental discovering of an anomaly in the effective mass spectrum of $\{p\pi^+\pi^+\}$ and $\{n\pi^-\pi^-\}$ combinations at $M_R = 1.44$ GeV isotopic relations are considered which connect generation cross sections of various charge states of the proposed resonance with $5/2$ isospin at the π -meson and nucleon interactions with nucleons. The ratios of decay partial widths of $R_{T_3}^{(5/2)}$ states with $T_3 = \pm 5/2, \pm 3/2, \pm 1/2$ isospin projections have been found. Relative probabilities for possible channels of the $\pi N \rightarrow R^{(5/2)} (\pi) \rightarrow N\pi\pi\pi$, $NN \rightarrow R^{(5/2)} (\pi N) \rightarrow NN\pi\pi\pi$, $NN \rightarrow R^{(5/2)} (N\pi\pi) \rightarrow NN\pi\pi\pi\pi$ reactions have been calculated.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Недавно в Дубне при изучении реакции $p \rightarrow n \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ в пучке монохроматических нейтронов с импульсом $/5,1+0,17/$ ГэВ/с была обнаружена особенность в распределении эффективных масс комбинаций $p \pi^+ \pi^+$ и $n \pi^- \pi^-$ в области $M_R = 1,44$ ГэВ^{1/2}. Предполагаемый резонанс должен быть экзотическим пятикварковым состоянием с изоспином $5/2$. Соответствующий изомультиплет содержит 6 состояний $R_{\pm 5/2}^{(5/2)}$, $R_{\pm 3/2}^{(5/2)}$, $R_{\pm 1/2}^{(5/2)}$, из которых в работе ^{1/} наблюдались только два состояния с проекциями изоспина $T_3 = \frac{5}{2}$ и $T_3 = -\frac{5}{2}$. Для окончательного решения вопроса о существовании нового барионного резонанса необходимо убедиться в наличии аналогичных особенностей в спектре эффективных масс других комбинаций нуклона и двух π -мезонов. В связи с этим могут оказаться полезными изотопические соотношения, связывающие сечения генерации различных зарядовых состояний системы $R^{(5/2)} = \{N\pi\pi\}$ с изоспином $T = 5/2$.

При распаде $R^{(5/2)} \rightarrow N\pi\pi$ система нуклон + π -мезон имеет строго определенный полный изоспин $T_{\pi N} = 3/2$, а система $\pi\pi$ - полный изоспин $T_{\pi\pi} = 2$. В связи с этим отношения вероятностей различных мод распада для состояний $R_{T_3}^{(5/2)}$ не зависят от феноменологических параметров и определяются однозначно:

$$W(R_{T_3}^{(5/2)} \rightarrow N_{m_1} \pi_{m_2} \pi_{m_3}) = \left(C \frac{5}{2} T_3 \right)^2 \left(C \frac{3}{2} T_3^{-m_2} m_2 \right)^2 + \left(C \frac{5}{2} T_3 \right)^2 \left(C \frac{3}{2} T_3^{-m_3} m_3 \right)^2 (1 - \delta_{m_3 m_2}),$$

где

$$T_3 = \left\{ \pm \frac{5}{2}, \pm \frac{3}{2}, \pm \frac{1}{2} \right\}, m = \left\{ \pm \frac{1}{2} \right\}, m = \{0, \pm 1\}, m = \{0, \pm 1\},$$

C - коэффициент Клебша-Гордона, δ - символ Кронекера. Мож-

но пользоваться также эквивалентной формулой

$$W(R_{T_3}^{(5/2)} \rightarrow N_{m_1} \pi_{m_2} \pi_{m_3}) = (C_{\frac{1}{2} m_1 2 T_3 - m_1}^{\frac{5}{2} T_3})^2 (C_{1 m_2 1 m_3}^{2 T_3 - m_1})^2 (2 - \delta_{m_2 m_3}). \quad /2/$$

Относительные вероятности возможных каналов распада $R^{(5/2)} \rightarrow N\pi\pi$ приведены в табл. 1.

Таблица 1

T_3	Канал распада	Относительные вероятности
5/2	$p\pi^+\pi^+$	100%
3/2	$n\pi^+\pi^+$	20%
	$p\pi^+\pi^0$	80%
1/2	$p\pi^+\pi^-$	20%
	$p\pi^0\pi^0$	40%
	$n\pi^+\pi^0$	40%
-1/2	$n\pi^+\pi^-$	20%
	$n\pi^0\pi^0$	40%
	$p\pi^-\pi^0$	40%
-3/2	$p\pi^-\pi^-$	20%
	$n\pi^-\pi^0$	80%
-5/2	$n\pi^-\pi^-$	100%

Рассмотрим некоторые конкретные реакции, в которых может рождаться система $R^{(5/2)}$.

$$1. \pi N \rightarrow R^{(5/2)} \pi \rightarrow N\pi\pi\pi$$

Полный изоспин конечных частиц равен 3/2. С учетом этого суммарные сечения генерации предполагаемого резонанса в $\pi^+\rho$ и $\pi^-\rho$ - столкновениях должны быть связаны простым соотношением

$$\sigma_{\pi^-\rho} (R^{(5/2)} \pi) = \frac{1}{3} \sigma_{\pi^+\rho} (R^{(5/2)} \pi). \quad /3/$$

Относительные вероятности различных каналов реакции приведены в табл. 2 и 3. Они не зависят от динамики рассматриваемых процессов и равны

$$q(M, T_3 \{m\}) = \left(C \frac{3}{2} M \right)^2 W(R_{T_3}^{(5/2)} \rightarrow N_{m_1} \pi_{m_2} \pi_{m_3}), \quad /4/$$

$$\frac{5}{2} T_3 \quad 1M - T_3$$

где M - сумма проекций изоспина начальных частиц, $m_1 = \{\pm \frac{1}{2}\}$, $m_2 = \{0, \pm 1\}$, $m_3 = \{0, \pm 1\}$, $W(R_{T_3}^{(5/2)} \rightarrow N_{m_1} \pi_{m_2} \pi_{m_3})$ определяется по формулам /1-2/.

Таблица 2

Реакции	Каналы	Относительные вероятности	Итого
$\pi^+ p \rightarrow N \pi \pi \pi$		$q(\frac{3}{2} T_3 \{m\})$	
$\pi^+ p \rightarrow \rho \pi^+ \pi^-$	$R_{\frac{1}{2}} \pi^- \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^-\} \pi^-$	2/3 (66,66%)	68%
	$R_{\frac{1}{2}} \pi^+ \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^-\} \pi^+$	1/75 (1,33%)	
$\pi^+ p \rightarrow \rho^+ \pi^+ \pi^-$	$R_{\frac{1}{2}} \pi^0 \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^-\} \pi^0$	16/75 (21,33%)	24%
	$R_{\frac{1}{2}} \pi^+ \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^-\} \pi^+$	2/75 (2,66%)	
$\pi^+ p \rightarrow \rho^+ \pi^+ \pi^0$	$R_{\frac{1}{2}} \pi^+ \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^0\} \pi^0$	4/75 (5,33%)	8%
	$R_{\frac{1}{2}} \pi^+ \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^0\} \pi^+$	2/75 (2,66%)	

Таблица 3

Реакции	Каналы	Относительные вероятности	Итого
$\pi^- p \rightarrow N \pi \pi \pi$		$q(-\frac{1}{2} T_3 \{m\})$	
$\pi^- p \rightarrow \rho^+ \pi^- \pi^-$	$R_{\frac{1}{2}} \pi^- \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^-\} \pi^-$	4%	12%
	$R_{-\frac{1}{2}} \pi^+ \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^-\} \pi^+$	8%	
$\pi^- p \rightarrow \rho^- \pi^+ \pi^0$	$R_{-\frac{1}{2}} \pi^0 \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^0\} \pi^0$	16%	24%
	$R_{\frac{1}{2}} \pi^- \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^0\} \pi^-$	8%	
$\pi^- p \rightarrow \rho^- \pi^+ \pi^+$	$R_{\frac{1}{2}} \pi^- \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^+\} \pi^-$	8%	48%
	$R_{-\frac{1}{2}} \pi^0 \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^+\} \pi^0$	8%	
	$R_{-\frac{1}{2}} \pi^+ \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^+\} \pi^+$	32%	
$\pi^- p \rightarrow \rho^0 \pi^+ \pi^0$	$R_{-\frac{1}{2}} \pi^0 \rightarrow \{\rho \pi^+ \pi^0\} \pi^0$	16%	16%

2. $NN \rightarrow R^{(5/2)}(\pi N) \rightarrow NN \pi \pi \pi$

Полный изоспин конечных частиц равен 1, а изоспин системы (πN) равен 3/2. При этом

$$\sigma_{pp} (R^{(5/2)} / \pi N) = \frac{1}{2} \sigma_{pp} (R^{(5/2)} N \pi). \quad /5/$$

Относительные вероятности различных каналов равны

$$\alpha(M, T_3 \{m\}) = \left(C \frac{1M}{\frac{1}{2}T_3} \frac{1}{2}M - T_3 \right)^2 \left(C \frac{1}{2}M - T_3 \right)^2 W(R_{T_3} \rightarrow N_{m_1} \pi_{m_2} \pi_{m_3}), /6/$$

где $W(R_{T_3} \rightarrow N_{m_1} \pi_{m_2} \pi_{m_3})$ определяется по формулам /1/-/2/,
 $M = \{0, \pm 1\}$, $m_1, m_2 = \{\pm \frac{1}{2}\}$, $m_3, m_3, M_2 = \{0, \pm 1\}$. Численные значения α
 приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Реакции $pp \rightarrow NN\pi\pi\pi$	Каналы	Относительные вероятности $\alpha(1 T_3 \{m\})$	Итого
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^+$	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^- \rightarrow \{p\pi^+\pi^+\} p\pi^-$	50%	54%
	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^+ \rightarrow \{p\pi^+\pi^+\} p\pi^+$	1%	
	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^- \rightarrow \{p\pi^+\pi^+\} p\pi^-$	2%	
	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^+ \rightarrow \{p\pi^+\pi^+\} p\pi^+$	1%	
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^0$	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^0 \rightarrow \{p\pi^+\pi^+\} p\pi^0$	2%	12%
	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^- \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\} p\pi^-$	8%	
	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^+ \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\} p\pi^+$	2%	
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^0\pi^0$	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^0 \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\} p\pi^0$	4%	4%
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^0\pi^+$	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^0 \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\} p\pi^0$	16%	24%
	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^+ \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\} p\pi^+$	2%	
	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^+ \rightarrow \{p\pi^+\pi^+\} p\pi^+$	2%	
	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^0 \rightarrow \{p\pi^+\pi^+\} p\pi^0$	4%	
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^+$	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^0 \rightarrow \{p\pi^+\pi^+\} p\pi^0$	4%	6%
	$R_{\frac{1}{2}} p\pi^+ \rightarrow \{p\pi^+\pi^+\} p\pi^+$	2%	

3. $NN \rightarrow R^{(5/2)} (N\pi\pi) \rightarrow NN\pi\pi\pi\pi$

В рассматриваемом случае полный изоспин конечных частиц принимает значения $T_{2N4\pi} = 1$ / pp -столкновения/ или $T_{2N4\pi} = 0$ и $T_{2N4\pi} = 1$ / pp -столкновения/. В соответствии с этим суммарный изоспин нерезонансной системы (N $\pi\pi$) равен 5/2 или 3/2, а два π -мезона, не являющиеся продуктами распада системы $R^{(5/2)}$, могут иметь полный изоспин $T_{\pi\pi} = 2$

Таблица 5

Реакция	Каналы	Относительные вероятности $\% (0\%, \{m\})$	Итого
$pp \rightarrow \overline{N} \pi^+ \pi^-$	$R_{1/2} p\pi^- \rightarrow \{p\pi^+\pi^-\} p\pi^-$	2%	6%
	$R_{-1/2} p\pi^+ \rightarrow \{p\pi^-\pi^-\} p\pi^+$	4%	
$pp \rightarrow \overline{N} \pi^+ \pi^+$	$R_{-1/2} n\pi^+ \rightarrow \{n\pi^+\pi^-\} n\pi^+$	2%	6%
	$R_{3/2} n\pi^- \rightarrow \{n\pi^+\pi^-\} n\pi^-$	4%	
$pp \rightarrow \overline{N} \pi^+ \pi^0$	$R_{-1/2} p\pi^0 \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\} p\pi^0$	8%	12%
	$R_{1/2} p\pi^- \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\} p\pi^-$	4%	
$pp \rightarrow \overline{N} \pi^+ \pi^+$	$R_{1/2} n\pi^0 \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\} n\pi^0$	8%	12%
	$R_{-1/2} n\pi^+ \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\} n\pi^+$	4%	
$pp \rightarrow \overline{N} \pi^+ \pi^0$	$R_{3/2} n\pi^- \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\} n\pi^-$	16%	48%
	$R_{-1/2} n\pi^+ \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\} n\pi^+$	4%	
	$R_{-1/2} p\pi^+ \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\} p\pi^+$	16%	
	$R_{1/2} p\pi^- \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\} p\pi^-$	4%	
	$R_{1/2} n\pi^0 \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\} n\pi^0$	4%	
	$R_{-1/2} p\pi^0 \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\} p\pi^0$	4%	
$pp \rightarrow \overline{N} \pi^0 \pi^0$	$R_{1/2} n\pi^0 \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\} n\pi^0$	8%	16%
	$R_{-1/2} p\pi^0 \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\} p\pi^0$	8%	

и $T_{\pi\pi} = 1$. Это приводит к тому, что относительные вероятности различных каналов $\{a\}$ уже зависят от феноменологических параметров, величина которых определяется конкретной динамикой процесса.

Для pp -столкновений эффективные сечения каналов имеют структуру

$$\sigma_{pp}^{\{a\}} = f \left\{ \left| a_{\frac{5}{2}}^{\{a\}}(f) b_{\frac{5}{2}}^{\{a\}} + a_{\frac{3}{2};2}^{\{a\}}(f) b_{\frac{3}{2};2}^{\{a\}} \right|^2 + \left| a_{\frac{3}{2};1}^{\{a\}}(f) \right|^2 + \left| a_{\frac{1}{2};1}^{\{a\}}(f) \right|^2 \right\} df. \quad /7/$$

Здесь интегрирование проводится по фазовому объему реакции, черта означает суммирование по проекциям обычного спина конечных частиц и усреднение по поляризациям конечных частиц, амплитуды $a_{\frac{5}{2}}^{\{a\}}(f)$, $a_{\frac{3}{2};2}^{\{a\}}(f)$, $a_{\frac{1}{2};1}^{\{a\}}(f)$ относятся к заданной кинематической конфигурации f и описывают соответственно вклад состояний с изоспиновыми квантовыми числами: $1/T_{2N4\pi} = 1$, $T_R = 5/2$, $T_{N2\pi} = 5/2$; $2/T_{2N4\pi} = 1$, $T_R = 5/2$,

$T_{N_{2\pi}}=3/2$, $T_{2\pi}=2$; $3/T_{2N_{4\pi}}=1$, $T_R=5/2$, $T_{N_{2\pi}}=3/2$, $T_{2\pi}=1^*$.
 Действительные численные коэффициенты удовлетворяют соотношениям ортогональности

$$\sum_{\{a\}} |b_{1\frac{5}{2}}|^2 = 1, \sum_{\{a\}} |b_{1\frac{3}{2};2}|^2 = 1, \sum_{\{a\}} B_{1\frac{3}{2};1} = 1, \sum_{\{a\}} b_{1\frac{5}{2}} b_{1\frac{3}{2};2} = 0. \quad /8/$$

Таким образом

$$\sum_{\{a\}} \sigma_{pp}^{\{a\}} = \int |a_{1\frac{5}{2}}(f)|^2 + |a_{1\frac{3}{2};2}(f)|^2 + |a_{1\frac{3}{2};1}(f)|^2 df. \quad /9/$$

В случае пр - столкновений

$$\sigma_{np}^{\{\beta\}} = \frac{1}{2} \int |(-1)^{T_{\beta}(\beta)-1/2} a_0(f) \sqrt{B_0^{\{\beta\}}} + a_{1\frac{5}{2}}(f) b_{1\frac{5}{2}}^{\{\beta\}} + a_{1\frac{3}{2};2}(f) b_{1\frac{3}{2};2}^{\{\beta\}}|^2 + |a_{1\frac{3}{2};1}(f)|^2 B_{1\frac{3}{2};1}^{\{\beta\}}| df, \quad /10/$$

где a_0 описывает вклад состояний с полным изоспином $T_{2N_{4\pi}}=0$, $a_{1\frac{5}{2}}$, $a_{1\frac{3}{2};2}$, $a_{1\frac{3}{2};1}$ имеют тот же смысл, что и в формуле /7/, коэффициенты $b_{1\frac{5}{2}}^{\{\beta\}}$, $b_{1\frac{3}{2};2}^{\{\beta\}}$ и $B_{1\frac{3}{2};1}^{\{\beta\}}$ удовлетворяют соотношениям /8/, $\sum_{\{\beta\}} B_0^{\{\beta\}} = 1$. Если нейтронный пучок и протонная мишень неполяризованы, то при интегрировании по полному фазовому объему конечных частиц члены, отвечающие интерференции состояний с изоспинами $T_{2N_{4\pi}}=0$ и $T_{2N_{4\pi}}=1$, обращаются в нуль:

$$\int a_0(f) a_{1\frac{5}{2}}(f) df = 0, \quad \int a_0(f) a_{1\frac{3}{2};2}(f) df = 0.$$

С учетом этого формула /10/ дает

$$\sigma_{np}^{\{\beta\}} = \frac{1}{2} \int |a_0(f)|^2 B_0^{\{\beta\}} + |a_{1\frac{3}{2};1}(f)|^2 B_{1\frac{3}{2};1}^{\{\beta\}} + |a_{1\frac{5}{2}}(f) b_{1\frac{5}{2}}^{\{\beta\}} + a_{1\frac{3}{2};2}(f) b_{1\frac{3}{2};2}^{\{\beta\}}|^2 df. \quad /11/$$

Эффективное сечение генерации предполагаемого резонанса $R^{(5/2)}$, просуммированное по всем каналам, равно

$$\sum_{\beta} \sigma_{np}^{\{\beta\}} = \frac{1}{2} \int |a_0(f)|^2 + |a_{1\frac{3}{2};1}(f)|^2 + |a_{1\frac{5}{2}}(f)|^2 + |a_{1\frac{3}{2};2}(f)|^2 df. \quad /12/$$

* Интерференция двухпионных состояний с изоспинами $T_{2\pi}=2$ и $T_{2\pi}=1$ исчезает в результате интегрирования по углам вылета π -мезонов.

Согласно /12/ и /9/ ,

$$\sum_{\beta} \sigma_{pp}^{|\beta|} > \frac{1}{2} \sum_{\alpha} \sigma_{pp}^{|\alpha|}$$

/13/

Значения коэффициентов $b^{|\alpha|}$, $B^{|\alpha|}$ и $b^{|\beta|}$, $B^{|\beta|}$ приведены в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Реакции $pp \rightarrow n\bar{n}\pi\pi\pi\pi$	Каналы	$\rho_{\frac{1}{2}}^{(0)}$	$\rho_{\frac{1}{2};2}^{(0)}$	$B_{\frac{1}{2};2}^{(0)}$
$pp \rightarrow p\bar{n}\pi^+\pi^+\pi^+\pi^0$	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^+\pi^-\}(p\bar{n}\pi^0)$	$2\sqrt{\frac{1}{35}}$	$\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{2}$
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^+) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^0\}(p\bar{n}\pi^+)$	$2\sqrt{\frac{1}{35}}$	0	0
	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^+\pi^-\}(p\bar{n}\pi^0)$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{2}{35}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{1}{100}$
	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^+) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^0\}(p\bar{n}\pi^+)$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{2}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^+) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^0\}(p\bar{n}\pi^+)$	$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{50}$
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^+\pi^-\}(p\bar{n}\pi^0)$	$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	0
	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^+\pi^-\}(p\bar{n}\pi^0)$	$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{1}{100}$
$pp \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^+\pi^-\pi^0$	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^+) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^+)$	$\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-2\sqrt{\frac{1}{10}}$	0
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^+) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^+)$	$\sqrt{\frac{1}{35}}$	0	0
	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{50}$
$pp \rightarrow p\bar{n}\pi^+\pi^+\pi^0\pi^0$	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^+\pi^-\}(p\bar{n}\pi^0)$	$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	0
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^+) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^0\}(p\bar{n}\pi^+)$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	0
	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^+\pi^-\}(p\bar{n}\pi^0)$	$\frac{6}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{50}$
$pp \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^0\pi^0\pi^0$	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	0
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{50}$
	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{50}$
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	0
$pp \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{2}{25}$
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{50}$
	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{2}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
$pp \rightarrow p\bar{p}\pi^0\pi^0\pi^+\pi^0$	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{p}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{p}\pi^+\pi^-\}(p\bar{p}\pi^0)$	$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	0
$pp \rightarrow p\bar{n}\pi^+\pi^+\pi^-\pi^0$	$R_{\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^+\pi^-\}(p\bar{n}\pi^0)$	$\frac{12}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{-\frac{1}{2}}(p\bar{n}\pi^0) \rightarrow \{p\bar{n}\pi^+\pi^-\}(p\bar{n}\pi^0)$	$\frac{12}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0

Таблица 7

Реакции $pp \rightarrow NN\pi\pi\pi\pi$	Каналы	$B_0^{(1)}$	$B_{1/2}^{(1)}$	$B_{3/2,2}^{(1)}$	$B_{1/2,1}^{(1)}$
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^+\pi^-\pi^0$	$R_{S1/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{6}$	$5\sqrt{\frac{1}{20}}$	0	0
	$R_{-3/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{6}$	$5\sqrt{\frac{1}{20}}$	0	0
	$R_{-1/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{1/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{-3/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{150}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
	$R_{3/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{150}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	$R_{1/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{50}$
	$R_{-1/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{-3/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{3/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	$R_{1/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{2}{25}$
	$R_{-1/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
	$R_{3/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
	$R_{-1/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{35}}$	$-\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{2}{25}$
	$R_{1/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{-1/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{3/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{8}{25}$	$-\frac{12}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{4}{25}$
	$R_{-3/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{8}{25}$	$-\frac{12}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{4}{25}$
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	$R_{1/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
	$R_{-1/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	$R_{3/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$-\frac{6}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{-3/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$-\frac{6}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{6}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
	$R_{1/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{25}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{2}{25}$
	$R_{-1/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{5}\sqrt{\frac{1}{25}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{10}}$	$\frac{1}{50}$
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	$R_{1/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0
	$R_{-1/2}(n\pi^+\pi^0) \rightarrow \{n\pi^+\pi^0\}(n\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
$pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	$R_{1/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	$\frac{1}{25}$
	$R_{-1/2}(p\pi^+\pi^0) \rightarrow \{p\pi^+\pi^0\}(p\pi^+\pi^0)$	$\frac{2}{25}$	$\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{20}}$	$-\frac{2}{5}\sqrt{\frac{1}{5}}$	0

4. $NN \rightarrow R^{(5/2)} R^{(5/2)} \rightarrow NN\pi\pi\pi\pi$

Если рассматриваются реакции с образованием двух систем $R^{(5/2)}$, то в формулах /7/ и /10/, /11/ следует приравнять нулю амплитуды $a_{1\frac{3}{2};2}$ и $a_{1\frac{3}{2};1}$. Это дает

$$\sigma_{pp}^{\{\alpha\}} = A_1 |b_{1\frac{5}{2}}^{\{\alpha\}}|^2 \eta, \quad \sigma_{np}^{\{\beta\}} = \frac{1}{2} (A_0 B_0^{\{\beta\}} + A_1 |b_{1\frac{5}{2}}^{\{\beta\}}|^2) \eta, \quad /14/$$

где $A_1 = \int |a_{1\frac{5}{2}}(f)|^2 df$, $A_0 = \int |a_0(f)|^2 df$, значения $b_{1\frac{5}{2}}^{\{\alpha\}}$ указаны в первом столбце табл. 6, а значения $B_0^{\{\beta\}}$ и $b_{1\frac{5}{2}}^{\{\beta\}}$ — в первом и во втором столбцах табл. 7; $\eta=2$, если две комбинации $\{N\pi\pi\}$ различны, и $\eta=1$, если две комбинации $\{N\pi\pi\}$ одинаковы.

Ниже вычислены следующие из наших формул и таблицы изотопические равенства и неравенства для реакций без нейтральных частиц в конечном состоянии или с одной нейтральной частицей /в фигурных скобках указаны продукты распада резонанса/

$$\begin{aligned} \sigma_{\pi^+p}(\{p\pi^+\pi^-\}\pi^+) &= \sigma_{\pi^-p}(\{p\pi^+\pi^-\}\pi^-) = \\ &= \frac{1}{2} \sigma_{\pi^-p}(\{p\pi^-\pi^-\}\pi^+) = \frac{1}{50} \sigma_{\pi^+p}(\{p\pi^+\pi^+\}\pi^-), \end{aligned} \quad /15/$$

$$\begin{aligned} \sigma_{pp}(\{p\pi^+\pi^-\}n\pi^+) &= \sigma_{pp}(\{n\pi^+\pi^-\}p\pi^+) = \\ &= \sigma_{np}(\{p\pi^+\pi^-\}p\pi^-) = \frac{1}{2} \sigma_{pp}(\{n\pi^+\pi^+\}p\pi^-) = \end{aligned} \quad /16/$$

$$= \frac{1}{2} \sigma_{np}(\{p\pi^-\pi^-\}p\pi^+) = \frac{1}{8} \sigma_{pp}(\{p\pi^+\pi^0\}p\pi^-) = \frac{1}{50} \sigma_{pp}(\{p\pi^+\pi^+\}n\pi^-), \quad /17/$$

$$\frac{9}{625} < \frac{\sigma_{np}(\{p\pi^-\pi^-\}\{n\pi^+\pi^+\})}{\sigma_{np}(\{p\pi^+\pi^+\}\{n\pi^-\pi^-\})} < \frac{1}{25},$$

$$\frac{1}{9} < \frac{\sigma_{np}(\{p\pi^+\pi^-\}\{n\pi^+\pi^-\})}{\sigma_{np}(\{p\pi^-\pi^-\}\{n\pi^+\pi^+\})} < 1, \quad /18/$$

$$\frac{36}{625} < \frac{\sigma_{np}(\{p\pi^+\pi^-\}\{p\pi^-\pi^0\})}{\sigma_{np}(\{p\pi^-\pi^-\}\{p\pi^+\pi^0\})} < \frac{1}{2}. \quad /19/$$

Приведенные выше расчеты были выполнены по инициативе Ю.А.Трояна. Автор выражает глубокую благодарность Ю.А.Трояну и А.В.Никитину за интерес к работе и ценные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдивалиев А. и др. ЯФ, 1979, 29, с.1545.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 октября 1979 года.