



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

2279 / 82

14/r-82

P2-82-49

Зыонг Ван Фи, Нгуен Монг Зао

АНАЛИЗ РАСПАДОВ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ  
ПО ИЗОТОПИЧЕСКИМ ПРАВИЛАМ ОТБОРА  
С УЧЕТОМ ВНУТРЕННИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЛЕПТОНОВ, ФОТОНОВ И ШПУРИОНОВ

1982

## I. ВВЕДЕНИЕ

В данной работе выполнен анализ экспериментальных данных по распадам нестранных и странных элементарных частиц и проведена проверка правил отбора, которые теоретически были выведены в статье<sup>/1/</sup>, где на основе результатов исследования симметрии и формулировки полевой теории в объединенном 8-пространстве было показано, что учет внутренних характеристик /изоспины, гиперзаряды, .../ лептонов, фотонов и наличие шпурионов /с изоспином и странностью/ в процессах распада приводит к разрешенным распадам с простой закономерностью

$$\Delta Q = 0, \quad \Delta I_3 = 0, \quad \Delta B = 0, \quad \Delta D_3 = 0, \quad \Delta S_{\Pi} = 0.$$

При этом  $D_3$  играет роль лептонного числа ( $D_3 = -\frac{L}{2}$ ) для лептонов и роль барионного числа ( $D = \frac{B}{2}$ ) для нуклонов ( $U, N_1^+, N_1^0, \dots$ );

$S_{\Pi}$  - полная странность,  $S_{\Pi} = S + R$ ,  $S$  - странность,  $R$  - квантовое число, имеющее характер  $S, R=0$  - для всех нестранных и странных элементарных частиц,  $R$  также равняется нулю для шпурина  $s_1$ , но  $R=2$  для шпуриона  $s_2$ ;  $Q, I, \zeta$  - заряд, изоспин, барионное число частиц /адронов, лептонов, фотонов, шпурионов/. Далее, если не учитывать, как обычно, внутренних характеристик лептонов, фотонов и шпурионов /которые не наблюдаются в свободных состояниях/, то получаются правила для  $\Delta S^a, \Delta Q^a, \Delta I^a$  и т.д. - индекс  $a$  относится к адронам. В работе<sup>/1/</sup> в качестве иллюстрации мы рассмотрели несколько случаев распадов. В настоящей работе мы последовательно проанализируем экспериментальные данные и покажем, что все известные распады<sup>/2/</sup> протекают согласно вышеуказанной закономерности.

## II. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Для удобства приведем здесь таблицы характеристик частиц, которые были выведены в рамках полевой теории в объединенном пространстве. В табл.1 для лептонов  $D_3 = -L/2$ , где  $L$  - лептонное число, для адронов  $D_3^a = B/2$ , где  $B$  - барионное число,

$$Q = I_3 + D_3. \quad \text{В } \underline{\text{табл.2}} \quad S_{\Pi} = S + R, \quad Q = I_3 + \frac{S_{\Pi} + B}{2}.$$

Таблица 1

Характеристики частиц первого рода ( $S_{II} = S = 0$ )

	$\eta$	$\gamma$	$\Pi^{\pm,0}$	$\nu_e(\nu_\mu)$	$p(N_1^+)$	$n(N_1^0)$	$e^-(\mu^-)$	$\tau^-$
$I_3$	0	0	$\pm 1,0$	1/2	$\pm 1/2$	-1/2	-1/2	-1/2
$D_3$	0	0	0	-1/2	$\pm 1/2$	1/2	-1/2	-1/2
m	548,0	0	139,6	0	938,3	939,6	0,5	1784
МэВ			134,9		/1400/	/1470/	/105/	

Таблица 2

Характеристики частиц второго рода

	$K^\pm$	$\Lambda$	$\Sigma^{\pm,0}$	$\Xi^0$	$\Omega^-$	$s_1$	$s_2$
$I_3$	$\pm 1/2$	0	$\pm 1,0$	$\pm 1/2$	0	1/2	-1/2
s	1	-1	-1	-2	-3	-1	-1
R	0	0	0	0	0	0	0
m	439,6	1115,6	1189,3	1314,9	1672,3	0	0
/МэВ/			1192,3	1321,3			

### III. НЕКОТОРЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

В<sup>/1/</sup> было показано, что для возможности применения S-матрицы в объединенном пространстве лагранжианы распадов должны быть инвариантными относительно преобразований во внутреннем пространстве. В связи с этим было установлено, что

1/ если число спинорных изополей частиц в начальном и в конечном состояниях четно, то имеем два варианта для построения лагранжианов:

а/ В случае  $\Delta S = 0$  в лагранжиан не вводят шпурионные поля.

б/ В случае  $\Delta S \neq 0$  в лагранжиан вводят билинейные комбинации шпурионных полей.

2/ Если число спинорных изополей нечетно, то в лагранжиан вводится нечетное число шпурионных полей.

Напомним, что среди частиц, характеристики которых приведены в табл.1 и 2, лептоны, нуклоны,  $N_1$ -частицы,  $\tau$ -лептоны, каоны,  $\Xi$ -гипероны имеют спинорные внутренние поля /изополя/.

Следуя 1/ и 2/ и учитывая значения масс частиц, можем прийти к следующим качественным выводам:

а/ В распадах  $\mu$ -лептона число спинорных изополей всегда четное. Однако в распадах  $\tau$ -лептона такое число может быть четным, может быть нечетным /допускаются распады на странные частицы/.

в/ В распадах нейтрона из-за сохранения барионного числа число спинорных изополей всегда четно.

с/ В распадах  $\pi$ -мезонов число спинорных изополей всегда четно. Однако для распадов  $\eta$ -мезона такое число может быть четным, может быть и нечетным.

д) В распадах K-мезонов число спинорных изополей нечетное.

е) В распадах  $\Lambda$ -гиперона из-за сохранения барионного числа число спинорных изополей всегда нечетно.

ф/ В распадах  $\Sigma^-$ ,  $\Xi^-$ ,  $\Omega^-$ -частиц число спинорных изополей может быть четным, может быть и нечетным.

### IV. АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В дальнейшем при анализе экспериментальных данных будем использовать 1/. 2/ и а/ ÷ ф/ из раздела III. В<sup>/1/</sup> были рассмотрены способы построения лагранжианов распадов. Ради простоты допустим, что такие лагранжианы всегда можно построить, и, следовательно, рассмотрим только схемы распадов. Было показано, что если учесть одновременно с внутренними характеристиками адронов внутренние характеристики лептонов, фотона и шпурионов, то получается, что распады протекают по правилу  $\Delta I_3 = 0$  /см. /1/ в<sup>/1/</sup>/ и отсюда  $\Delta D_3 = 0$ . Кроме того, эти распады происходят с сохранением заряда, барионного числа и полной странности:

$$\Delta Q = 0, \quad \Delta L = 0, \quad \Delta B = 0, \quad \Delta S_{II} = 0.$$

Покажем в данной работе, что во всех распадах нестранных и странных частиц такие правила выполняются. Мы будем рассматривать для каждого вида распадов некоторые типичные случаи. Соответствие этих правил остальным случаям легко проверить<sup>/2/</sup>.

#### A. РАСПАДЫ НЕСТРАННЫХ ЧАСТИЦ

Рассмотрим распады  $\mu$ -лептонов,  $\tau$ -лептонов,  $\pi$ -мезонов,  $\eta$ -мезона и нейтрона.

### 1. Распад $\mu$ -лептона

а/ Рассмотрим распады  $\mu$ -лептонов на лептоны. Для таких распадов можем взять следующие типичные моды:

$$\mu^\pm \longrightarrow e^\pm \pm \nu_e \mp \nu_\mu$$

$$I_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \mp \frac{1}{2}$$

$$D_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \mp \frac{1}{2}$$

Здесь использовалась табл.1 для значений  $I_3$  и  $D_3$ .

в/ В случае  $\mu$ -распадов на лептоны и фотоны имеем:

$$\mu^\pm \longrightarrow e^\pm \pm \nu_e \mp \nu_\mu \quad \gamma$$

$$I_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \mp \frac{1}{2} \quad 0$$

$$D_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \mp \frac{1}{2} \quad 0$$

Видим, что процессы происходят при строгом соблюдении приведенного правила  $\Delta I_3=0$ ,  $\Delta Q=0$ ,  $\Delta D_3=0$ . Это утверждение имеет место для остальных мод распадов  $\mu$ -мезона, которые приведены в<sup>2/</sup>. Такое правило соблюдается и в других случаях.

### 2. Распады $\tau$ -лептонов

а/ Распады на лептоны. Для иллюстрации возьмем распад

$$\tau^\pm \longrightarrow \mu^\pm \nu \bar{\nu}$$

$$I_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad -\frac{1}{2}$$

$$D_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad -\frac{1}{2} \quad \frac{1}{2}$$

в/ Распады на адроны и лептоны

$$\tau^\pm \longrightarrow \pi^\pm \nu \quad \tau^\pm \longrightarrow \pi^\pm \pi^- \pi^+ \nu$$

$$I_3 \pm \frac{1}{2} \quad \pm 1 \mp \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm 1 \quad -1 \quad +1 \mp \frac{1}{2}$$

$$D_3 \pm \frac{1}{2} \quad 0 \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \pm \frac{1}{2}$$

/здесь, как обычно,  $+\nu \equiv \nu$ ,  $-\nu \equiv \bar{\nu}$ /. Проверку для других случаев можно сделать при использовании<sup>2/</sup>.

### 3. Распады $\pi$ -мезонов

а/ Распады на лептоны

$$\tau^\pm \longrightarrow \mu^\pm \nu \bar{\nu}$$

$$I_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad -\frac{1}{2}$$

$$D_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad -\frac{1}{2} \quad \frac{1}{2}$$

в/ Распады на лептоны и фотоны

$$\tau^\pm \longrightarrow \pi^\pm \nu \quad \tau^\pm \longrightarrow \pi^\pm \pi^- \pi^+ \nu$$

$$I_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm 1 \quad \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm 1 \quad -1 \quad +1 \mp \frac{1}{2}$$

$$D_3 \quad \pm \frac{1}{2} \quad 0 \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \pm \frac{1}{2}$$

с/ Распады на фотоны

$$\pi^0 \rightarrow \gamma \gamma$$

$$I_3 \quad 0 \quad 0 \quad 0$$

д/ Распады на лептоны и адроны

$$\pi^\pm \longrightarrow e^\pm \pm \nu \pi^0$$

$$I_3 \quad \pm 1 \quad \pm \frac{1}{2} \quad \pm \frac{1}{2} \quad 0$$

/см.<sup>2/</sup> для остальных случаев/

### 4. Распады $\eta$ -мезона

а/ Распады на лептоны

$$\eta \longrightarrow \mu^+ \mu^-$$

$$I_3 \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad -\frac{1}{2}$$

$$D_3 \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad -\frac{1}{2}$$

в/ Распады на лептоны и фотоны

$$\eta \longrightarrow \mu^+ (e^+) \mu^- (e^-) \gamma$$

$$I_3 \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad \left(\frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2} \left(-\frac{1}{2}\right) \quad 0$$

$$D_3 \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad \left(\frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2} \left(-\frac{1}{2}\right) \quad 0$$

с/ Распады на фотоны

$$\eta \longrightarrow \gamma \gamma$$

$$I_3 \quad 0 \quad 0 \quad 0$$

$$D_3 \quad 0 \quad 0 \quad 0$$

d/ Распады на лептоны и адроны

$$\eta \longrightarrow e^+ e^- \pi^+ \pi^-$$

$I_3$	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	1	-1
$D_3$	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0	0

e/ Распады на адроны и фотоны

$$\eta \longrightarrow \pi^+ \pi^- \gamma ; \quad \eta \longrightarrow \pi^0 \gamma \gamma$$

$I_3$	0	1	-1	0	0	0	0	0
$D_3$	0	0	0	0	0	0	0	0

f/ Распады на адроны

$$\eta \longrightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0 ; \quad \eta \longrightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$$

$I_3$	0	0	0	0	0	1	-1	0
$D_3$	0	0	0	0	0	0	0	0

/для остальных случаев см./<sup>2/</sup>

### 5. Распады нейтрона

Из-за сохранения барионного и лептонного чисел, как сказано, нейтрон может распадаться только на протон и систему лептона и антилептона:

$$n \longrightarrow p e^- \bar{\nu}_e$$

$I_3$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$
$D_3$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Рассмотренные распады нестранных частиц на нестранные частицы, таким образом, протекают в полном согласии с правилами  $\Delta I_3=0$ ,  $\Delta D_3=0$ ,  $\Delta Q=0$ ,  $\Delta L=0$ ,  $\Delta B=0$ . Подчеркнем, что понятие изospина лептона /и фотона/ здесь совершенно нетривиально, так как  $I_3$  для системы лептонов в распадах принимает значения -1 или +1.

## В. РАСПАДЫ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ НА НЕСТРАННЫЕ ЧАСТИЦЫ

### 1. Распады $K^+$ -мезона

В d/ III было указано, что число спинорных изополей наблюдаемых частиц в распадах  $K$ -мезонов всегда нечетное. Это означает, что в лагранжианах и, следовательно, в матричных элементах /в первом приближении/ имеется шпурионное поле. Покажем, что в продуктах распадов  $K^+$  всегда присутствует шпурион  $s_2$ /квант такого поля, который в свободном состоянии не наблюдается/<sup>1/</sup>.

При учете внутренних характеристик шпуриона, лептонов и фотона установлено, что все процессы распадов  $K^+$  протекают согласно правилам  $\Delta I_3=0$ ,  $\Delta D_3=0$ ,  $\Delta S_\Pi=0$ ,  $\Delta Q=0$ ,  $\Delta L=0$ ,  $\Delta B=0$  /см. табл.2/.

а/ Распады  $K^+$  на лептоны

$$K^+ \longrightarrow \mu^+ (e^+) \nu + s_2$$

$I_3$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$(\frac{1}{2})$	$\frac{1}{2}$	$+$	$-\frac{1}{2}$
$S_\Pi$	1	0	(0)	0	$+$	1

$$K^+ \longrightarrow \mu^+ (e^+) \nu_\mu (\nu_e) e^+ e^- + s_2$$

$I_3$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$(\frac{1}{2})$	$\frac{1}{2}$	$(\frac{1}{2})$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$+$	$-\frac{1}{2}$
$S_\Pi$	1	0	(0)	0	(0)	0	0	$+$	1

в/ Распады  $K^+$  на лептоны и фотоны

$$K^+ \longrightarrow \mu^+ (e^+) \nu_\mu (\nu_e) \gamma + s_2$$

$I_3$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$(\frac{1}{2})$	$\frac{1}{2}$	$(\frac{1}{2})$	0	$+$	$-\frac{1}{2}$
$S_\Pi$	1	0	(0)	0	(0)	0	$+$	1

с/ Распады  $K^+$  на адроны

$$\bar{K}^+ \longrightarrow \pi^+ \pi^0 + s_2 \quad \bar{K}^+ \longrightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 + s_2 \quad \bar{K}^+ \longrightarrow \pi^+ \pi^0 \pi^0 + s_2$$

$I_3$	$\frac{1}{2}$	1	0	$+$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1	-1	$+$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0	0	$+$	$\frac{1}{2}$
$S_\Pi$	0	0	0	$+$	1	0	0	0	0	$+$	1	1	0	0	0	$+$	1

d/ Распады  $K^+$  на адроны и лептоны

$$K^+ \longrightarrow \pi^0 e^+ \nu + s_2 \quad K^+ \longrightarrow \pi^+ \pi^- \mu^+ (e^+) \nu + s_2$$

$I_3$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$+$	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	-1	$\frac{1}{2}$	$(\frac{1}{2})$	$\frac{1}{2}$	$+$	$-\frac{1}{2}$
$S_\Pi$	1	0	0	0	$+$	1	1	0	0	0	(0)	0	$+$	1

$$K^+ \longrightarrow \pi^+ \pi^+ \mu^- \bar{\nu} + s_2$$

$I_3$	$\frac{1}{2}$	1	1	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$+$	$-\frac{1}{2}$
$S_\Pi$	1	0	0	0	0	$+$	1

е/ Распады  $K^+$  на адроны и фотоны

$$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \gamma + s_2$$

$I_3$	$\frac{1}{2}$	1	1	-1	0	$+\frac{1}{2}$
$S_{II}$	1	0	0	0	0	+1

f/ Распады  $K^+$  на адроны, лептоны и фотоны

$$K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu \gamma + s_2$$

$I_3$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$+\frac{1}{2}$
$S$	1	0	0	0	0	+1

/см.<sup>2</sup>/ для остальных случаев/.

Замечание: подобная закономерность имеет место для распадов  $K^-$ /со шпурионом  $s_2$  /.

## 2. Распады $K^0$

Учитывая I-инвариантность, выводим, что распады нейтрально-го каона  $K^0$  происходят аналогично распадам  $K^+$ , т.е. в продуктах распадов  $K^0$  имеется  $s_2$ , а в продуктах распадов  $\bar{K}^0$  имеется  $\bar{s}_2$ . Далее, предполагая, что амплитуды  $|K^0\rangle$  и  $|\bar{K}^0\rangle$  в комбинации  $K_S^0$  одинаковые, приходим к выводу, что распады  $K^0$  с учетом изоспинов, лептонов и фотонов /появление  $s_2 \bar{s}_2$ -пары эквивалентно отсутствию шпурионов в продуктах распадов/ происходит с  $\Delta I_3 = 0$ ,  $\Delta S = 0$ ,  $\Delta Q = 0$ ,  $\Delta L = 0$ ,  $\Delta B = 0$ .

Проверка показывает правильность этого предположения:

а/ Распады  $K_S^0$  на адроны

	$K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$	$K_S^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$
$I_3$	0	0
$S$	0	0

в/ Распады  $K^0$  на адроны и фотоны

	$K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$
$I_3$	0
$S$	0

## 3. Распады $K_L^0$

Известно, что в распадах  $K_L^0$  наблюдается нарушение CP-инвариантности. Однако этот вопрос по сути дела касается понятий симметрии обычного пространства Минковского /в котором определены P-и C-преобразования/, а мы имеем дело с симметрией внутреннего пространства, следовательно, ожидается, что приведенные правила для распадов  $K_S^0, K_L^0$  также соблюдаются.

а/ Распады  $K_L^0$  на лептоны

	$K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$
$I_3$	0
$S$	0

в/ Распады  $K^0$  на адроны

	$K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0$	$K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$
$I_3$	0	0
$S$	0	0

  

	$K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$	$K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$
$I_3$	0	0
$S_{II}$	0	0

с/ Распады  $K^0$  на адроны и лептоны

	$K_L^0 \rightarrow \pi^\pm \mu (e) \nu$
$I_3$	0
$S$	0

д/ Распады  $K^0$  на адроны и фотоны

	$K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$
$I_3$	0
$S_{II}$	0

е/ Распады  $K_L^0$  на фотоны

	$K_L^0 \rightarrow \gamma \gamma$
$I_3$	0
$S_{II}$	0

Все распады происходят с  $\Delta I_3 = 0$ ,  $\Delta D_3 = 0$ ,  $\Delta S = 0$ ,  $\Delta Q = 0$ .

## 4. Распады $\Lambda$ -гиперона

Согласно е/ в III в лагранжианы распадов  $\Lambda$ -гиперона необходимо вводить шпурионное поле. Покажем, что с присутствием шпуриона  $s_1$  все процессы распадов  $\Lambda$ -гиперона протекают согласно простой закономерности, как и в случаях вышерассмотренных распадов.

а/ Распады  $\Lambda$ -гиперона на адроны

	$\Lambda \rightarrow p \pi + s_1$	$\Lambda \rightarrow n \pi^0 + s_1$
$I_3$	0	0
$S_{II}$	-1	-1

в/ Распады  $\Lambda$ -гиперона на адроны и лептоны

	$\Lambda \rightarrow p \mu^- (e^-) \tilde{\nu}_\mu (\tilde{\nu}_e) + s_1$
$I_3$	0
$S_{II}$	-1

с/ Распады  $\Lambda$ -гиперона на адроны и фотон

$$\Lambda \rightarrow P \pi^- \gamma + s_1$$

$$I_3 \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad -1 \quad 0 \quad + \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad + -1$$

Таким образом, все распады  $\Lambda$ -гиперонов находятся в согласии с правилами  $\Delta I_3=0$ ,  $\Delta D_3=0$ ,  $\Delta B=0$ ,  $\Delta S=0$ ,  $\Delta Q=0$ .

### С. РАСПАДЫ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ НА НЕСТРАННЫЕ И СТРАННЫЕ ЧАСТИЦЫ

#### 1. Распады $\Sigma$ -гиперонов

Согласно 1/, 2/ в III для распадов  $\Sigma$ -гиперонов имеется два случая

а/ Если число спиновых изополей наблюдаемых частиц нечетно, то в лагранжианы будет введено шпурионное поле  $\Delta S=1/$ .

в/ Если такое число четно, что в случае  $\Delta S=0$  в лагранжианы не будут введены шпурионные поля, а в случае  $\Delta S \neq 0$  в лагранжианы будут введены билинейные комбинации шпурионных полей.

Теперь покажем, что распады  $\Sigma$ -гиперонов происходят согласно той же закономерности, которая наблюдается для ранее рассмотренных распадов.

а/ Распады  $\Sigma^+$ -гиперона на нестранные адроны

$$\Sigma^+ \rightarrow P \pi^0 + s_1 \quad \Sigma^+ \rightarrow n \pi^+ + s_1$$

$$I_3 \quad 1 \quad \frac{1}{2} \quad 0 \quad + \frac{1}{2} \quad 1 \quad - \frac{1}{2} \quad 1 \quad + \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad + -1 \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad -1$$

в/ Распады  $\Sigma^+$ -гиперона на нестранный адрон и фотоны

$$\Sigma^+ \rightarrow P \gamma + s_1 \quad \Sigma^+ \rightarrow n \pi^+ \gamma + s_1$$

$$I_3 \quad 1 \quad \frac{1}{2} \quad 0 \quad + \frac{1}{2} \quad 1 \quad - \frac{1}{2} \quad 1 \quad + \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad -1 \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad -1$$

с/ Распад  $\Sigma^+$ -гиперона на странную частицу и лептоны.

Согласно 1/ части раздела III процесс происходит без участия шпурионов

$$\Sigma^+ \rightarrow \Lambda e^+ \nu$$

$$I_3 \quad 1 \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -1 \quad -1 \quad 0 \quad 0$$

д/ Распады  $\Sigma^0$ -гиперона на странный адрон и лептоны

$$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda e^+ e^-$$

$$I_3 \quad 0 \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad - \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -1 \quad -1 \quad 0 \quad 0$$

е/ Распады  $\Sigma^0$ -гиперона на странный адрон и фотоны

$$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda \gamma$$

$$I_3 \quad 0 \quad 0 \quad 0$$

$$S_{\Pi} \quad -1 \quad -1 \quad 0$$

ф/ Распады  $\Sigma^-$ -гиперона на странный адрон

$$\Sigma^- \rightarrow n \pi^- + s_1$$

$$I_3 \quad -1 \quad - \frac{1}{2} \quad -1 \quad \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad -1$$

г/ Распады  $\Sigma^-$ -гиперона на нестранный адрон и лептоны

$$\Sigma^- \rightarrow n \mu^- (e^-) \tilde{\nu}_{\mu} (\tilde{\nu}_e) + s_1$$

$$I_3 \quad -1 \quad - \frac{1}{2} \quad - \frac{1}{2} \quad (- \frac{1}{2}) \quad - \frac{1}{2} \quad (- \frac{1}{2}) \quad + \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad (0) \quad 0 \quad (0) \quad + -1$$

h/ Распад  $\Sigma^-$ -гиперона на  $\Lambda$  и лептоны

$$\Sigma^- \rightarrow \Lambda e^- \tilde{\nu}_e$$

$$I_3 \quad -1 \quad 0 \quad - \frac{1}{2} \quad - \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -1 \quad -1 \quad 0 \quad 0$$

Замечание: Распады, описываемые лагранжианом с билинейной комбинацией шпурионных полей, запрещены, т.к. в этом случае  $\Delta S=2$  /например, комбинации  $s_1$  и  $\bar{s}_2$  или  $s_2$  и  $\bar{s}_1$  и т.д. эквивалентны случаю без шпурионов/, а, с другой стороны, распады  $\Sigma$ -гиперонов по такому правилу запрещаются законом сохранения барионного числа.

#### 2. Распады $\Xi$ -гиперонов

Очевидно, что для распадов  $\Xi$ -гиперонов лагранжианы можно построить по правилам а/ и в/. Покажем теперь, что распады  $\Xi$ -гиперонов также протекают с  $\Delta I_3=0$ ,  $\Delta D_3=0$ ,  $\Delta B=0$ ,  $\Delta S_{\Pi}=0$ ,  $\Delta Q=0$ , причем в связи с изменением странности в продуктах распадов фигурирует шпурион  $s_1$ .

а/ Распад  $\Xi^0$ -гиперона на странный и нестранный адрон

$$\Xi^0 \rightarrow \Lambda \pi^0 + s_1$$

$$I_3 \quad \frac{1}{2} \quad 0 \quad 0 \quad + \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -2 \quad -1 \quad 0 \quad + -1$$

в/ Распад  $\Xi^0$ -гиперона на странный и нестранный адрон

$$\Xi^0 \rightarrow \Lambda \gamma + s_1$$

$$I_3 \quad \frac{1}{2} \quad 0 \quad 0 \quad + \frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -2 \quad -1 \quad 0 \quad + -1$$

с/ Распады  $\Xi^-$ -гиперона на странный адрон и лептоны

$$\Xi^- \rightarrow \Lambda \pi^- + s_1$$

$$I_3 \quad -\frac{1}{2} \quad 0 \quad -1 \quad +\frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -2 \quad -1 \quad 0 \quad +1$$

d/ Распады  $\Xi^-$ -гиперона на странный адрон и лептоны

$$\Xi^- \rightarrow \Lambda e^- (\mu^-) \bar{\nu}_e (\nu_\mu) + s_1$$

$$I_3 \quad -\frac{1}{2} \quad 0 \quad -\frac{1}{2} \quad (-\frac{1}{2}) \quad -\frac{1}{2} \quad (-\frac{1}{2}) \quad +\frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -2 \quad -1 \quad 0 \quad (0) \quad 0 \quad (0) \quad +1$$

### 3. Распады $\Omega^-$ -частицы

Наконец, рассмотрим распады  $\Omega^-$ . При этом все правила, указанные для распадов  $\Xi^-$ , здесь применяются.

а/ Распады  $\Omega^-$  на странный барион и странный антимезон

$$\Omega^- \rightarrow \Lambda K^- + s_1$$

$$I_3 \quad 0 \quad 0 \quad -\frac{1}{2} \quad +\frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -3 \quad -1 \quad -1 \quad -1$$

в/ Распады  $\Omega^-$  на странный барион и нестранный мезон

$$\Omega^- \rightarrow \Xi^0 \pi^- + s_1 \quad \Omega^- \rightarrow \Xi^- \pi^0 + s_1$$

$$I_3 \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad -1 \quad +\frac{1}{2} \quad 0 \quad -\frac{1}{2} \quad 0 \quad +\frac{1}{2}$$

$$S_{\Pi} \quad -3 \quad -2 \quad 0 \quad +1 \quad -3 \quad -2 \quad 0 \quad -1$$

Таким образом, так же как в случаях распадов  $\Lambda$ ,  $\Sigma$ ,  $\Xi$ , распады происходят в согласии с правилами  $\Delta I_3=0$ ,  $\Delta D_3=0$ ,  $\Delta B=0$ ,  $\Delta S=0$ ,  $\Delta Q=0$ , при этих распадах также испускается шпурион  $s_1$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ экспериментальных данных указывает на то, что если учесть внутренние характеристики всех элементарных частиц /в том числе лептонов, фотона и шпурионов/, то распады нестранных и странных частиц ( $\mu$ ,  $\tau$ ,  $\pi$ ,  $\eta$ ,  $p$ ,  $K$ ,  $\Lambda$ ,  $\Sigma$ ,  $\Xi$ ,  $\Omega$ ) описываются в согласии с простыми изотопическими правилами отбора:  $\Delta I_3=0$ ,  $\Delta D_3=0$  / $D_3=-\frac{L}{2}$  для лептонов и  $D_3=\frac{B}{2}$  для нуклонов/,  $\Delta S=0$ ,  $\Delta Q=0$ ,  $\Delta B=0$ .

Далее, в распадах нестранных частиц ( $\mu$ ,  $\tau$ ,  $\pi$ ,  $p$ ,  $\eta$ ) не появляются шпурионы, во всех распадах  $K^+$  в продуктах присутствует шпурион  $s_1$ , в распадах  $K_{S,L}^0$  не фигурируют шпурионы /или фигурирует пара  $s_2 \bar{s}_2$  /, в распадах странных барионов ( $\Lambda$ ,  $\Sigma$ ,  $\Xi$ ,  $\Omega$ ), если процессы происходят с изменением странности, шпурион  $s_1$  присутствует, а если процессы без изменения стран-

ности, шпурион отсутствует. Шпурионы в свободном состоянии не наблюдаются.

Наличие и отсутствие шпурионов в продуктах распадов однозначно определяется инвариантностью лагранжианов взаимодействия<sup>1/</sup>. Каждая частица испускает определенный шпурион.

Если не обращать внимания на внутренние характеристики лептонов, фотонов и шпурионов, то из приведенных правил отбора можно установить, как обычно, правила отбора для адронов.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность профессорам В.А.Мещерякову, А.А.Кузнецову, И.А.Савину, М.Ф.Лихачеву за постоянное внимание к работе, профессору Б.М.Барбашову за ценные обсуждения и указания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Зьонг Ван Фи, Нгуен Монг Зао. ОИЯИ, P1-81-779, Дубна, 1981.
2. Review of particle Properties, Review of Modern Physics, 1980, 52, No.2.



Зыонг Ван Фи, Нгуен Монг Зао. Анализ распадов элементарных частиц по изотопическим правилам отбора с учетом внутренних характеристик лептонов, фотонов и шпурионов P2-82-49

Теоретические выводы работы<sup>1/</sup> используются при анализе экспериментальных данных по распадам элементарных частиц. Рассматриваются распады  $\mu$ -,  $\tau$ -,  $\pi$ -,  $\eta$ -,  $\rho$ -,  $K$ -,  $\Lambda$ -,  $\Sigma$ -,  $\Xi$ -,  $\Omega$ -частиц. Показывается, что при учете одновременно с внутренними характеристиками адронов и внутренних характеристик лептонов, фотонов и шпурионов все известные распады частиц происходят в соответствии с простыми правилами отбора:  $\Delta I_3=0$ ,  $\Delta S_{\Pi}=0$  ( $\Delta B=0$ ,  $\Delta L=0$ ,  $\Delta Q=0$ ), где  $S_{\Pi}$  - полная странность:  $S_{\Pi}=B+R$ . Кроме того, показано также, что при распадах с изменением странности, каждая странная частица испускает соответствующий определенный шпурион.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Duong Van Phi, Nguen Mong Giao Analysis of Elementary Particle Decays Using the Selection Rules Taking into Account the Intrinsic Characteristics of Leptons, Photons and Spurions P2-82-49

The theoretical results of the previous paper are used for the decays of elementary particles. The decays of  $\mu$ ,  $\tau$ ,  $\pi$ ,  $\eta$ ,  $\rho$ ,  $K$ ,  $\Lambda$ ,  $\Sigma$ ,  $\Xi$  and  $\Omega$  particles are considered. It is shown that taking into account the intrinsic characteristics of hadrons, leptons, photons and spurions, the decays happen according to the simple selection rules:  $\Delta I_3=0$ ,  $\Delta S_{\Pi}=0$  ( $\Delta B=0$ ,  $\Delta L=0$ ,  $\Delta Q=0$ ). Here  $S_{\Pi}$  is the total strangeness,  $S_{\Pi}=S+R$ . Moreover, in the case of strangeness nonconservation each strange particle emits a corresponding definite spurion.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.