

О РАСПАДЕ $\Sigma^+ \rightarrow p\gamma$

В.И.Захаров, А.Б.Кайдалов

В настоящем письме вычислена мнимая часть амплитуды распада $\Sigma^+ \rightarrow p\gamma$, связанная с существованием реальных промежуточных состояний $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+(\rho\pi^0) \rightarrow p\gamma$ [1]. Результат обсуждается с трех различных точек зрения: возможности получения при изучении распада $\Sigma^+ \rightarrow p\gamma$ информации о механизме распада $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$, масштаба нарушения унитарной симметрии в распаде $\Sigma^+ \rightarrow p\gamma$, возможной величины различия вероятностей распадов $\Sigma^+ \rightarrow p\gamma$ и $\bar{\Sigma}^+ \rightarrow \bar{p}\gamma$ в том случае, ког-

да CP-инвариантность сильно нарушается в электромагнитных переходах с изменением странности.

I. Величина мнимой части сильно зависит от того, идет ли распад $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$ через s - или p -волну. Это связано с тем, что из всех амплитуд фоторождения Λ -мезонов на протоне с полным моментом $I = 1/2$ самой большой, как известно, является амплитуда s -волны в рождении заряженных мезонов $\gamma p \rightarrow n\pi^+$.

Если в распаде $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$ велика s -волна, то

$$W_{min}^s = (1,95 \pm 0,25) \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Если в распаде $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$ велика p -волна, то

$$W_{min}^p = (1,4 \pm 0,8) \cdot 10^{-4} \quad (2)$$

где W_{min} - вероятность распада $\Sigma^+ \rightarrow p\gamma$ при $\text{Re } M(\Sigma^+ \rightarrow p\gamma) = 0$ в единицах вероятности распада $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$. При вычислении (1) и (2) был использован фазовый анализ фоторождения, выполненный в работе Нежины [2] и обычные предположения о распадах $\Sigma \rightarrow N\pi$ [3].

Если экспериментально окажется, что $W_{exp} < W_{min}^s$, то это будет означать, что распад $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$ идет через p -волну. В настоящее время экспериментальные данные довольно неопределенны: различные измерения приводят к результатам от $\sim 1 \cdot 10^{-3}$ до $3,7 \cdot 10^{-3}$ (подробные ссылки можно найти в работе [4]).

Если $W_{min}^s < W_{exp}$, то возникают ограничения на возможную величину асимметрии разлета γ -квантов "вверх-вниз" при распаде поляризованных гиперонов.

Матричный элемент распада $\Sigma^+ \rightarrow p\gamma$ имеет вид:

$$M(\Sigma^+ \rightarrow p\gamma) = \psi_p^+ \{ iA(\vec{\sigma}\vec{e}) + B\vec{\sigma}[\vec{n}\vec{e}] \} \psi_\Sigma,$$

где \vec{n} - единичный вектор в направлении импульса γ кванта, \vec{e} - вектор поляризации γ -кванта.

Параметр α определен через A и B как

$$\alpha = \frac{2\text{Re}(A^*B)}{|A|^2 + |B|^2}$$

и его возможные значения ограничены следующим образом:

$$-1 + \frac{W_{min}^s}{W_{exp}} \leq \alpha - \frac{2\text{Im}A\text{Im}B}{W_{exp}} \leq 1 - \frac{W_{min}^s}{W_{exp}} \quad (3)$$

Целесообразность проверки (3) зависит от того, насколько значение W_{exp} окажется близким к W_{min}^s .

2. В пределе унитарной симметрии массы Σ^+ и p равны, матричный элемент эрмитов и мнимая часть равна 0. Выражения (1), (2) можно записать приближенно как

$$W_{min} \approx \sigma_{\phi}^+ \frac{\alpha^2}{2\pi \alpha^2 + \beta^2} (\Delta m)^2,$$

где σ_{ϕ}^+ - сечение фоторождения π^+ на протоне, Δm - разность масс Σ^+ и p , α, β - амплитуды s - и p -волн в распаде $\Sigma^+ \rightarrow p \pi^+$.

Так как $\sigma_{\phi}^+ \sim \alpha/\mu^2 (\sim 10^{-28} \text{ см}^2)$, где μ - масса π мезона, то

$$W_{min} \approx \frac{\alpha}{2\pi} \left(\frac{\Delta m}{\mu}\right)^2 \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \beta^2} \quad (\alpha = 1/137),$$

т.е. параметром нарушения унитарной симметрии в распаде $\Sigma^+ \rightarrow p \gamma$ является, вообще говоря, отношение $\Delta m/\mu$, а не $\Delta m/M$ где M - масса нуклона или даже более тяжелых частиц (кварков), как это обычно предполагается.

Если $\alpha \approx 0$, то мнимая часть относительно мала. Однако это обстоятельство является "случайным" по отношению к унитарной симметрии. В частности, в других радиационных распадах $\Lambda \rightarrow n \gamma, \Xi^- \rightarrow \Sigma^- \gamma$, где в основных нелептонных распадах преобладает s - волна, нет оснований полагать, что нарушение $SU(3)$ мало.

3. Выше предполагалось, что CP-инвариантность сохраняется в слабых взаимодействиях по крайней мере с точностью порядка α . В последнее время был предложен ряд моделей [5], где CP-инвариантность сильно, по порядку I, нарушается только в слабых электромагнитных переходах. Сравнение вероятностей распадов $\Sigma^+ \rightarrow p \gamma, \bar{\Sigma}^+ \rightarrow \bar{p} \gamma$ является одним из возможных опытов для проверки этих моделей.

Различие между этими вероятностями возникает за счет "интерференции" CP-четной мнимой части, найденной выше, с CP-нечетной мнимой частью. Используя (1) и (2) и принимая вероятность распада $\Sigma^+ \rightarrow p\gamma$ равной $3,7 \cdot 10^{-3}$, можно получить следующие ограничения на возможную величину различия вероятностей распадов $\Sigma^+ \rightarrow p\gamma$ и $\overline{\Sigma}^+ \rightarrow \overline{p}\gamma$.

$$0 \leq r \leq 6,5, \quad (4)$$

если в распаде $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$ велика s -волна и

$$0,35 \leq r \leq 2 \quad (5)$$

если в распаде $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$ велика p -волна, $r = W(\overline{\Sigma}^+ \rightarrow \overline{p}\gamma) / W(\Sigma^+ \rightarrow p\gamma)$.

Из (4) и (5) следует, что это различие может быть значительным.

Авторы благодарны И.Д.Кобзареву, Л.Б.Окуню за постоянное внимание к работе и И.Я.Померанчуку за полезные обсуждения.

Поступило в редакцию

22 июня 1966 г.

Литература

- [1] M.Kawaguchi, K.Nishijima. Progr. Theor. Phys., 16, 177, 1956.
- [2] N.F.Nelipa. Nucl. Phys., 61, 689, 1965.
- [3] M.Gell - Mann, A.H.Rosenfeld. Ann. Rev. Nucl. Sci., 7, 407, 1958.
- [4] G.Quareni et. al. Nuovo Cim., 40, 928, 1965.
- [5] B.A.Arbuzov, A.T.Filippov. Phys. Lett., 20, 537, 1966.