

О ВЕРОЯТНОСТИ РАСПАДОВ $B \rightarrow p\bar{p}\pi(\pi)$

А.В.Добровольская, А.Б.Кайдалов

Вычислены вероятности распадов $B^+ \rightarrow p\bar{p}\pi^+$ и $B^0 \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-$ при учете главных диаграмм $1/N$ -разложения. Проведено сравнение с результатами группы Аргус и предыдущими теоретическими расчетами.

Одной из наиболее важных проблем физики высоких энергий в настоящее время является определение параметров характеризующих смешивание кварков различных поколений. Хуже всего известен элемент матрицы Кобаяши–Маскава V_{bu} . Существуют экспериментальные ограничения сверху на величину $|V_{bu}/V_{bc}|$ — наиболее модельно независимое (из подсчета числа очарованных частиц в распадах B -мезонов) $|V_{bu}/V_{bc}| < 0,5^1$ и более жесткое, но модельно зависимое ограничение $|V_{bu}/V_{bc}| < 0,2^1$ (из исследования лептонных спектров в B -распадах). Недавно группой Аргус было получено указание на существование распадов $B \rightarrow p\bar{p}\pi(\pi)$ с вероятностями $Br(B^+ \rightarrow p\bar{p}\pi^+) = (5,2 \pm 1,4 \pm 1,9) \cdot 10^{-4}$ и $Br(B^0 \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-) = (6,0 \pm 2,0 \pm 2,2) \cdot 10^{-4}$ и дано ограничение снизу на величину $|V_{bu}/V_{bc}| > 0,07^2$. Однако более реалистические оценки³ показывают, что эти вероятности требуют $|V_{bu}/V_{bc}| > 0,3$. В работе⁴ утверждалось, что $Br(B \rightarrow p\bar{p}\pi(\pi)) \sim 10^{-4}$, $|V_{bu}/V_{bc}|^2$ и экспериментальные результаты не могут быть объяснены в рамках стандартной модели.

В данной работе мы рассматриваем вопрос о вероятности образования $N\bar{N}$ и мезонов в распадах B -мезонов, предполагая, что основной вклад в эти процессы дают диаграммы рис. а, б, которые являются главными в пределе $N_c \rightarrow \infty$ и отличаются механизмом адронизации от диаграммы рис. в, рассматривавшейся ранее в литературе²⁻⁵. В случае в все образованные кварки входят в состав конечного нуклона (изобары), за счет сильного взаимодействия рождается одна $q\bar{q}$ -пара. Для механизма рис. а, б характерно образование двух белых адронных систем ($q\bar{q}$ -струн), а $N\bar{N}$ рождаются за счет образования двух $q\bar{q}$ -пар¹⁾. Будет показано, что рассмотренный нами механизм дает значительный вклад в эксклюзивные распады B -мезонов превышающий вклад диаграммы рис. а, вычисленный в работе⁴.

Запишем интересующую нас часть лагранжиана слабого взаимодействия с учетом вклада жестких глюонов в стандартном виде

$$\mathcal{L}_w = \frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{bu} V_{ud}^* [C_1 (\bar{u}\Gamma_\mu b)(\bar{d}\Gamma_\mu u) + C_2 (\bar{d}\Gamma_\mu b)(\bar{u}\Gamma_\mu u)], \quad (1)$$

где $\bar{q}_1 \Gamma_\mu q_2 = \bar{q}_1^\alpha \gamma_\mu (1 + \gamma_5) q_{2\alpha}$, α — цветовые индексы, а коэффициенты C_1, C_2 для b -кварка равны $C_1(m_b) = 1,13$, $C_2(m_b) = -0,3$. Поскольку величина $C_2 \ll C_1$, то изменение цветовой структуры диаграмм за счет жестких глюонов по сравнению с изображенным на рисунке несущественно и распад $B^0 \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-$ определяется в основном диаграммой рис. 1 а, а распад $B^+ \rightarrow p\bar{p}\pi^+$ — диаграммой рис. б. Заметим, что диаграмма рис. б подавлена по сравнению с диаграммой рис. а, так как среднее значение квадрата инвариантной массы нижней $q\bar{q}$ -системы невелико ($1,7 \div 2$) ГэВ² и рождение $p\bar{p}$ происходит за счет маловероятных конфигураций легких кварков.

При описании процесса адронизации $q\bar{q}$ -систем мы будем использовать представления модели кварк-глюонных струн⁶, которая хорошо описывает процессы распадов и множе-

¹⁾ Помимо механизмов, обсуждавшихся выше, возможно также рождение адронов за счет диаграмм изображенных на рис. г, д. Оценки показывают, что в стандартной модели их вклад значительно меньше, чем вклад диаграмм а — в.

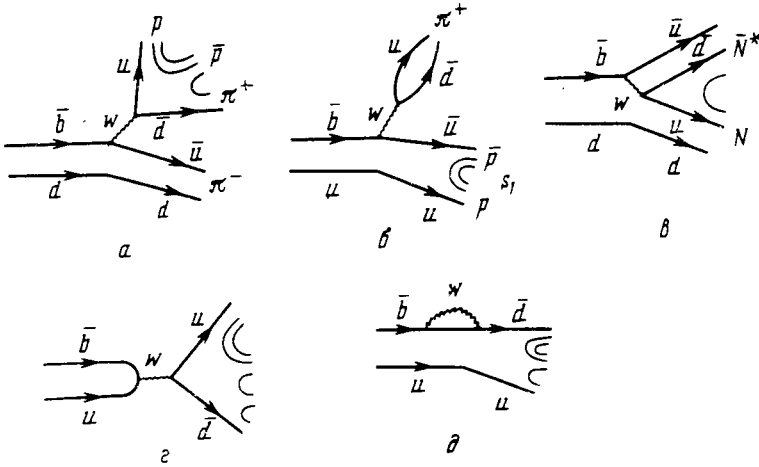
ственного рождения адронов. Однако ряд результатов является модельно независимым. Наиболее надежно можно вычислить вероятность инклюзивного рождения $p(\bar{p})$ в распадах B -мезонов за счет перехода $b \rightarrow u$.

$$Br(B_u \rightarrow pX) = |V_{bu}/V_{bc}|^2 \gamma w(q\bar{q} \rightarrow pX) \quad (2)$$

величина $\gamma \approx r_1 r_2$ учитывает различие фазовых объемов в распадах $b \rightarrow u(q_1 \bar{q}_2)$ и $b \rightarrow c(q_1 \bar{q}_2)$ $r_1 \approx 2$ и вероятность основного распада $b \rightarrow c(\bar{u}d)$ $r_2 \approx 0.5$. Вероятность образования p при адронизации $q\bar{q}$ -системы $w(q\bar{q} \rightarrow pX)$ может быть оценена из данных по e^+e^- -аннигиляции в области $(2m_p)^2 < Q^2 < m_b^2$. В этой области Q^2 величина $w(q\bar{q} \rightarrow pX)$ меняется слабо и составляет $\approx (3 \div 4)\%$. Таким образом инклюзивное рождение $p(\bar{p})$ в распадах B -мезонов, не связанное с рождением очарованных барионов должно составлять

$$Br(B_u \rightarrow pX) \approx 0.03 |V_{bu}/V_{bc}|^2. \quad (3)$$

Эта величина оказывается довольно большой при значениях $|V_{bu}/V_{bc}|$ близких к верхней границе. Однако переход к эксклюзивным каналам, изучавшимся группой Аргус, резко уменьшает вероятность соответствующих процессов.



Вероятность распада $B^0 \rightarrow (p\bar{p}\pi^+)\pi^-$ содержит по отношению к (3) две дополнительные малости $\beta_1 = w(q\bar{q} \rightarrow \pi)/w(q\bar{q} \rightarrow X)$, характеризующую вероятность перехода $B \rightarrow \pi$ за счет векторного тока и $\beta_2 = w(q\bar{q} \rightarrow p\bar{p}X)/w(q\bar{q} \rightarrow pX)$. Величина β_1 вычислялась рядом авторов (см. обзор⁸) и колеблется в пределах от 0.03 до 0.2. Мы вычислили величины β_1 и β_2 в рамках модели кварк-глюонных струн и получили значения $\beta_1 = (0.12 \div 0.14)$ и $\beta_2 = (0.2 \div 0.3)$. Таким образом окончательно для вероятности распада $B^0 \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-$ имеем

$$Br(B^0 \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-) = \beta_1 \beta_2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} |V_{bu}/V_{bc}|^2 \approx 1 \cdot 10^{-3} |V_{bu}/V_{bc}|^2. \quad (4)$$

Эта величина на порядок больше, чем значение, вычисленное в работе⁴ на основе диаграммы рис. а. Вероятность распада $B^+ \rightarrow p\bar{p}\pi^+$ в этой модели, как отмечалось выше, содержит дополнительное подавление. Учет движения u -кварков в B -мезоне и члена C_2 в лагранжиане (1) приводит к оценке

$$Br(B^+ \rightarrow p\bar{p}\pi^+) = 2 \cdot 10^{-4} |V_{bu}/V_{bc}|^2. \quad (5)$$

Вероятность распадов с образованием дополнительного π^0 -мезона по нашим оценкам $4 \div 6$ раз больше. Данный подход был применен также к распадам B -мезонов на очарованные мезоны и π -мезоны. Результаты согласуются с экспериментальными данными. Отметим также, что можно получить следующие ограничения, независимые от модельных оценок величин β_1, β_2 .

$$Br(B^0 \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-) < 0,1 Br(B^0 \rightarrow \pi^- l^+\nu), \quad Br(B^0 \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-) < Br(B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-), \quad (6)$$

При выводе соотношений (6) использовалось, что вероятность процессов $B \rightarrow \pi l \nu$ и $B \rightarrow \pi\pi$ определяются той же комбинацией неизвестных величин $\beta_1 |V_{bu}/V_{bc}|^2$, а величина $\beta_2 < 1$. Ограничения группы Клео $Br(B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-) < 0,9 \cdot 10^{-4}$ и соотношения (6) противоречат результатам группы Аргус о распаде $B^0 \rightarrow p\bar{p}\pi^+\pi^-$. Заметим, что кинематика p и \bar{p} для диаграмм рис. а, б не соответствует наблюдавшейся в работе ². Недавно группа Клео получила ограничения на распады $B \rightarrow p\bar{p}\pi(\pi)$ ⁹, не согласующиеся с результатами группы Аргус.

Таким образом оценки вероятностей распадов B -мезонов с образованием $N\bar{N}$ - и π -мезонов указывают на важность учета диаграмм рис. а, б. Теоретические значения соответствующих парциальных ширин меньше, чем результаты группы Аргус ² даже при максимально возможных значениях $|V_{bu}/V_{bc}|$.

Авторы благодарны К.Г.Борескову, П.Э.Волковицкому, М.Б.Волошину, А.И.Голутвину, М.С.Данилову, К.А.Тер-Мартirosяну и М.А.Шифману за полезные обсуждения.

Литература

1. Danilow M. Preprint ITEP, 1987, p. 213.
2. Aibreht H. et al. Phys. Lett. B, 1988, 209, 119.
3. Shifman M.A. Nucl. Phys. B, 1988, 3, 289.
4. Chernyak V.L., Zhitnitsky I.R. Preprint INP-88-65, Novosibirsk.
5. Cronau M. Rosner J.L. Phys. Rev. D, 1988, 37, 688.
6. Кайдалов А.Б. Письма в ЖЭТФ, 1980, 32, 494; Kaidalov A.B., Ter-Martirosyan K.A. Phys. Lett. B, 1982, 117, 247.
7. Brandelik R. et al. Nucl. Phys. B, 1979, 148, 189.
8. Wirbel M. Preprint DO-TH 88 2, 1988.
9. CLEO Collab. Proc. of the XXIV INT Conf. on High Energy Physics, Munich, 1988.

Поступила в редакцию

22 декабря 1988 г.

Институт теоретической и экспериментальной физики