

## CP-НЕСОХРАНЕНИЕ В РЕДКИХ РАСПАДАХ $B_s^0$ -МЕЗОНОВ

Я.И.Азимов, Н.Г.Уральцев, В.А.Хозе

Предлагается искать CP-нечетные эффекты в "запрещенных" распадах  $B_s^0$ -мезонов, связанных с переходом  $b \rightarrow u$ . При распаде  $B_s^0$  или  $\bar{B}_s^0$  в одно и то же конечное состояние ( $\rho^0(\omega)K_s^0, \pi^0(\eta)K_s^0$  и т. д.) CP-нечетные эффекты в стандартной модели должны быть порядка единицы. Наиболее удобно несохранение CP наблюдать как эффект пространственной осцилляции выхода в "меченых" пучках  $B_s^0$ -мезонов. В  $e^+e^-$ -аннигиляции интегральная зарядовая асимметрия выхода ( $l^\pm + \rho^0 K_s^0$ ) ожидается значительной при относительно легком  $t$ -кварке ( $x_{B_s} \lesssim 1$ ).

Как известно, CP-несохранение является одной из наиболее интригующих проблем физики элементарных частиц. Однако до сих пор его эффекты ограничиваются распадами  $K^0$ -мезонов, что существенно затрудняет теоретическую интерпретацию явления. В связи с этим большое внимание привлекают нейтральные  $B^0$ -мезоны, где ожидаются аналогичные эффекты.

К сожалению, перспективы наблюдения CP-нарушения в  $B$ -мезонах обсуждавшимися способами выглядят пессимистично. Так, для  $B_d^0$ -мезонов мало само смешивание (в стандартной модели  $x = \Delta m/\Gamma \lesssim 0,1$  при  $m_t \sim 40$  ГэВ); поскольку  $\text{Re}\bar{\epsilon}$  неизбежно содержит фактор подавления по крайней мере  $\sim m_b^2/m_t^2$ , это исключает возможность наблюдения CP-нечетной зарядовой асимметрии, скажем, в выходе дилептонов. Для  $B_s^0$ -мезонов смешивание ожидается большим ( $x_{B_s} \sim 1,3$  при  $m_t \sim 40$  ГэВ), однако  $\text{Re}\bar{\epsilon}_{B_s}$  содержит добавочное подавление  $\sim \sin^2\theta_c \simeq 0,05$ .

Предлагались и эксперименты по поиску других CP-нечетных асимметрий, а именно, "миллислабого" происхождения, не требующих CP-нарушения непосредственно в смешивании  $B^0 - \bar{B}^0$ . Например, эффективное различие выходов  $B^0 \rightarrow f$  и  $\bar{B}^0 \rightarrow f$ , где  $f$  — одно и то же состояние с определенной CP-четностью, может быть следствием интерференции каналов  $B^0 \rightarrow f$  и  $B^0 \rightarrow \bar{B}^0 \rightarrow f$ . Существование смешивания здесь необходимо, однако CP-несохранения в переходах  $B^0 \rightleftharpoons \bar{B}^0$  не требуется.

В  $e^+e^-$ -аннигиляции таким образом появляется асимметрия (по знаку лептона) выхода ( $l^\pm f$ ) (для  $B_d$  удобны распады на  $J/\psi K_s, D\bar{D}K_s$  и т. п.). Ее значение существенно зависит от начального состояния пары  $B_d\bar{B}_d$ . Для C-нечетного состояния эффект практически отсутствует, а для C-четного равен

$$A = \frac{\sigma(l^+f) - \sigma(l^-f)}{\sigma(l^+f) + \sigma(l^-f)} \simeq \eta \frac{2x}{(1+x^2)^2} \sin 2\Phi_{B_d} \quad (1)$$

( $\eta = \pm 1$  — CP-четность состояния  $f$ ). В стандартной модели  $\Phi_{B_d} \sim 1$ , и  $A$  — может быть  $\sim 10\%$ .

В  $B_s$ -мезонах ожидается  $x_{B_s} \gtrsim 1$ . Для изучения "миллислабого" CP-нарушения наиболее удобны были бы распады типа  $B_s \rightarrow F^+F^-$ . Однако и здесь, как и в смешивании, эффекты

$CP$ -несохранения малы:  $\sin 2\Phi_{B_s} \lesssim 0,03$ . Происхождение этой малости легко понять <sup>2</sup>.  $B_s^0/\bar{B}_s^0$ -мезоны состоят из  $b$ - и  $s$ -кварков, поэтому как переходы  $B_s \rightleftharpoons \bar{B}_s$ , так и распады  $B_s$ -мезонов не требуют выхода за пределы второго и третьего поколения, т. е. фактически здесь мы имеем дело с четырехкварковым случаем, в котором, как известно, наблюдаемого  $CP$ -несохранения нет. Чтобы иметь  $CP$ -нечетные эффекты, необходимо "почувствовать" первое поколение кварков, т. е. искусственно "перескочить" в первое поколение (и, разумеется, "вернуться" обратно). Это и приводит к дополнительной малости  $\sim \sin^2\theta_c$   $CP$ -нечетных эффектов в  $B_s$ -мезонах. Ясно, что при большем числе поколений  $\text{Re}\bar{\epsilon}_{B_s}$  и  $\Phi_{B_s}$  могли бы оказаться не столь малыми <sup>3</sup>, тогда как в моделях типа "супер - Кобаяши - Маскавы" естественно ожидать наличия обсуждаемых факторов подавления.

Изложенные аргументы показывают, что ситуация должна измениться для "запрещенных" распадов  $B_s$ , связанных с переходом  $l \rightarrow u$ , например,  $B_s^0 \rightarrow \rho^0 K_s, \pi^+ K^{*-} \rightarrow \pi^+ \pi^- K_s$ . Действительно, здесь соответствующая фаза  $\tilde{\Phi}_{B_s}$  не мала:

$$\Phi_{B_s} \simeq \alpha \sim 1, \quad (2)$$

где  $\alpha$  -  $CP$ -нарушающая фаза матрицы смешивания кварков в параметризации типа Майяни <sup>3</sup>. Подчеркнем, что, в отличие от всех предлагавшихся ранее  $CP$ -нечетных эффектов, слабо зависящих от  $\alpha$  в области "максимального  $CP$ -нарушения"  $\alpha \sim \pi/2$ , эта асимметрия наиболее резко меняется именно при  $\alpha \sim \pi/2$ .

Очевидным недостатком предложенных реакций является их малая относительная вероятность, связанная, прежде всего, с сильным подавлением переходов  $b \rightarrow u$  по сравнению с каналом  $b \rightarrow c$ ; также невелика доля конкретных эксклюзивных распадов  $\rho^0 K_s, \omega K_s, \pi^0(\eta)K_s$  и т. д., хотя здесь, в принципе, возможно суммирование событий с явной определенной  $CP$ -четностью конечного состояния. Отметим, что обычно цитируемое ограничение на ширину (полулептонного) распада  $b \rightarrow u$  по отношению к распаду  $b \rightarrow c$   $R < 3\%$ , возможно, сильно занижено, и доля распадов  $b \rightarrow u$  могла бы достигать  $8\%$  <sup>4</sup>. При этом сами по себе распады типа  $B_s \rightarrow \omega K_s, \pi^0(\eta)K_s$  несомненно, удобны для идентификации. В то же время большая величина асимметрии значительно снижает требования к общей статистике.

В  $e^+e^-$ -аннигиляции такой  $CP$ -нечетный эффект был бы особенно удобен при  $x_{B_s} \lesssim 1$  (ср. (1)), что возможно при относительно легком  $t$ -кварке ( $m_t \lesssim 40$  ГэВ). Пара  $B_s^0\bar{B}_s^0$  в  $C$ -четном состоянии могла бы образоваться, например, из  $B_s^* \bar{B}_s^*$ , рожденных в подходящем резонансе; можно также изучать асимметрию типа (1) далеко за порогом рождения  $B\bar{B}$ .

Другая возможность измерить миллислабую асимметрию  $B^0(\bar{B}^0) \rightarrow f$  - наблюдение пространственной осцилляции выхода конечного состояния  $f$  в "меченых" пучках  $B_s^0$  <sup>2</sup> (такой способ особенно удобен при большом  $x_{B_s} \gtrsim 1,5$ ). Здесь относительная амплитуда осциллирующей компоненты выхода  $f$  составляет  $\sin 2\Phi_{B_s}$ , т. е.  $CP$ -нечетный эффект может быть порядка единицы. "Меченые" пучки  $B_s$ -мезонов <sup>5</sup> могут быть получены во фрагментационной области в рассеянии высокоэнергичных гиперонных или каонных пучков на мишени (такая постановка опыта обсуждалась авторами совместно с А.А.Воробьевым).

Авторы благодарны А.А.Воробьеву, М.В.Данилову, Ю.М.Зайцеву, Л.Б.Окуню и В.Д.Хованскому за полезные обсуждения.

#### Литература

1. Bigi I.I., Sanda A.I. Nucl. Phys., 1981, B123, 85; Carter A.B., Sanda A.I. Phys. Rev., 1981, D23, 1567.
2. Азимов Я.И. и др. Материалы XXI Зимней школы ЛЯИФ, ч. II, Л-д, стр. 3, 1986; Азимов Я.И. и др. ЯФ (в печати).
3. Anselm A.A., Chkareuli J.L., Uraltsev N.G. Phys. Lett., 1985, 156 B, 102.
4. Thorndike E.H. Talk at the Int. Symp. on Lepton and Photon Interactions at High Energies, Kyoto, Japan 1986.