

Об эксклюзивных нелептонных распадах В-мезонов

М.И.Высоцкий

ИТЭФ

сессия ОЯФ РАН, ИФВЭ, 22.12.2008

Belle, BABAR: 10^9 распадов В-мезонов

- большое нарушение CP, PDG 2008 - десятки распадов (сравнить K)
($\Gamma(B \rightarrow \pi^+ \pi^-) \neq \Gamma(\bar{B} \rightarrow \pi^+ \pi^-)$)
- углы α, β, γ
параметры СМ; Новая Физика
 $\alpha + \beta + \gamma \neq 180^\circ$
Новая Физика?
Точности: экспериментальная и
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ
- Золотая мода $B_d(\bar{B}_d) \rightarrow J/\Psi K_{S,L} - \beta$

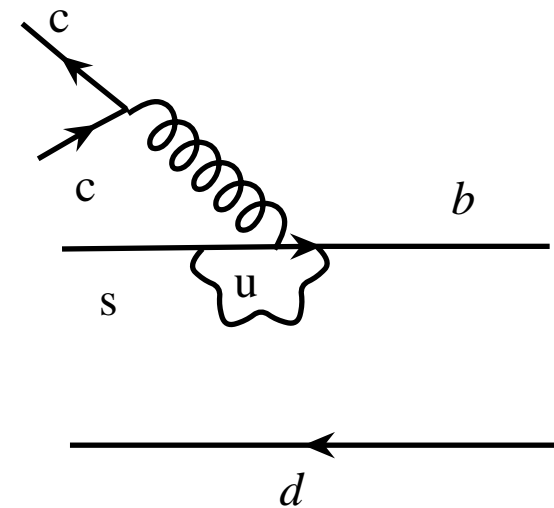
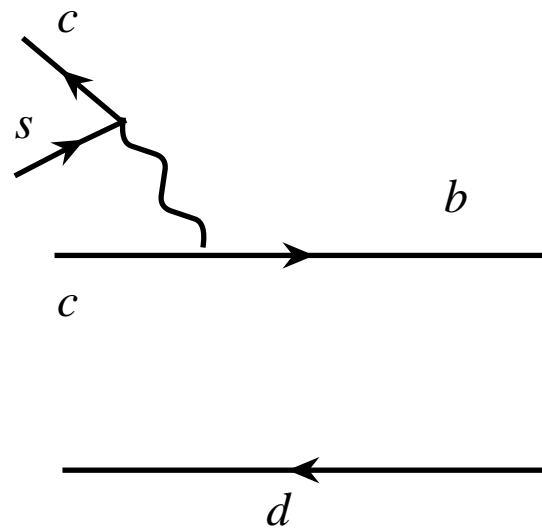
- распады $B \rightarrow \pi\pi$ и $B \rightarrow \rho\rho$ - роль FSI
- $B_d(\bar{B}_d) \rightarrow \rho^{+-}\pi^{-+}$ - α
- $A_{CP}(K\pi)$ - Новая Физика?
- заключение

Золотая мода

$$B_d(\bar{B}_d) \rightarrow J/\Psi K_{S,L}$$

$$\sin 2\beta = 0.671(0.024), \quad \beta = (21.1 \pm 0.9)^\circ$$

Какова теор. точность?



$$S = \sin 2\beta + 2 \cos 2\beta \sin \gamma \cos \delta \frac{P}{T};$$

$$\Delta\beta = \sin \gamma \cos \delta \frac{P}{T} \leq \frac{P}{T}$$

три множителя подавляют пингвин по сравнению с деревом:

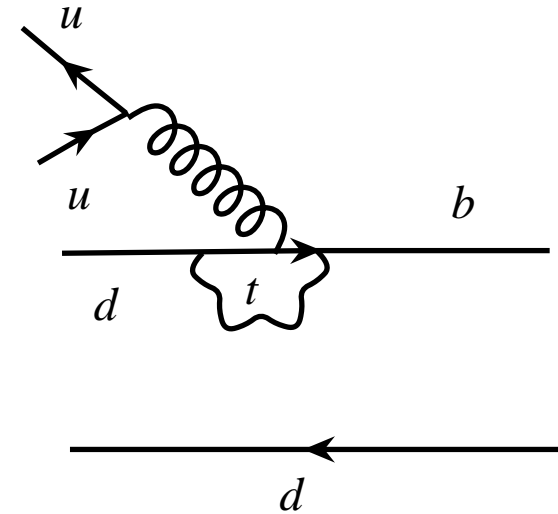
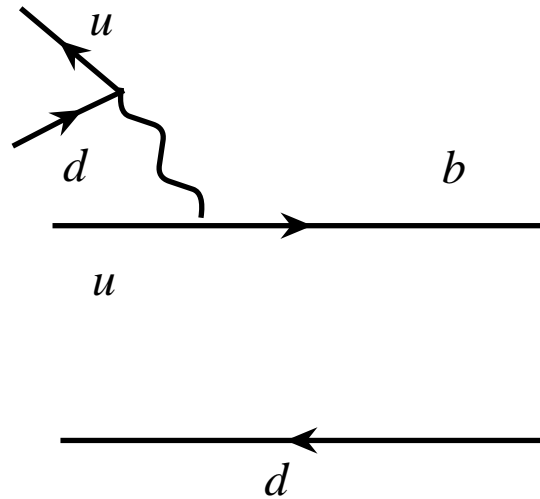
1. $|V_{ub}V_{us}/(V_{cb}V_{cs})| \approx 1/50$

2. подавление петлевого графика; вильсоновские коэффициенты $c_4, c_6 \approx 0.04$

3. правило OZI - подавление перехода J/Ψ в лёгкие адроны; по крайней мере фактор $1/10$ в амплитуде

итого 10^{-4} ; однако в случае $B \longrightarrow K\pi$ распадов пингвин усилен в 2.5 раза; дерево в распаде $B \longrightarrow J/\Psi K$ подавлено по цвету - ещё фактор 3
т.о. теор.неопределенность в β не превышает 0.1° :
Золотая мода

$B \rightarrow \pi\pi$ и $B \rightarrow \rho\rho$



Mode	Br(10^{-6})	Mode	Br(10^{-6})
$B_d \rightarrow \pi^+ \pi^-$	5.2 ± 0.2	$B_d \rightarrow \rho^+ \rho^-$	24 ± 3
$B_d \rightarrow \pi^0 \pi^0$	1.5 ± 0.2	$B_d \rightarrow \rho^0 \rho^0$	0.74 ± 0.29
$B_u \rightarrow \pi^+ \pi^0$	5.6 ± 0.4	$B_u \rightarrow \rho^+ \rho^0$	18.2 ± 3.0

C -усредненные вероятности распадов

мода $\pi^0\pi^0$ не подавлена по цвету (фактор $1/3^2/2 = 1/18$).

изотопический анализ $B \longrightarrow \pi\pi$
(Gronau, London)

6 параметров в теор. формулах (в том числе угол α) можно определить по 6 наблюдаемым

феноменология

$$\begin{aligned}
 M_{\bar{B}_d \rightarrow \pi^+ \pi^-} &= e^{-i\gamma} \frac{1}{2\sqrt{3}} A_2 e^{i\delta_2^\pi} + \\
 &+ e^{-i\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{6}} A_0 e^{i\delta_0^\pi} + \left| \frac{V_{td}^* V_{tb}}{V_{ub} V_{ud}^*} \right| e^{i\beta} P e^{i(\delta_P^\pi + \tilde{\delta}_0^\pi)},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\bar{B}_d \rightarrow \pi^0 \pi^0} &= e^{-i\gamma} \frac{1}{\sqrt{3}} A_2 e^{i\delta_2^\pi} - \\
 &- e^{-i\gamma} \frac{1}{\sqrt{6}} A_0 e^{i\delta_0^\pi} - \left| \frac{V_{td}^* V_{tb}}{V_{ub} V_{ud}^*} \right| e^{i\beta} P e^{i(\delta_P^\pi + \tilde{\delta}_0^\pi)},
 \end{aligned}$$

$$M_{\bar{B}_u \rightarrow \pi^- \pi^0} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} e^{-i\gamma} A_2 e^{i\delta_2^\pi}.$$

$A_2, A_0, P, \delta_0, \delta_2, \alpha$

наблюдаемые:

3 бранчинга, S_{+-}, C_{+-}, C_{00}

но точность C_{00} плохая, -0.43 ± 0.25 , что приводит к плохой точности α : $(90 \pm 20)^\circ$

C_{+-} у Belle и BABAR сильно различаются:
 -0.25 ± 0.08 и -0.55 ± 0.09

если пренебречь пингвином, то

$$S_{+-} = -0.65 \pm 0.07 = \sin 2\alpha; \alpha = 110^\circ \pm 3^\circ$$

$B \rightarrow \pi\pi$

$B \rightarrow \pi\pi$ пренебрегая пингвином

3 бранчинга \implies 3 параметра $A_0, A_2, |\delta_0 - \delta_2|$

$$\cos(\delta_0^\pi - \delta_2^\pi) = \frac{\sqrt{3}}{4} \frac{B_{+-} - 2B_{00} + \frac{2}{3} \frac{\tau_0}{\tau_+} B_{+0}}{\sqrt{\frac{\tau_0}{\tau_+} B_{+0}} \sqrt{B_{+-} + B_{00} - \frac{2}{3} \frac{\tau_0}{\tau_+} B_{+0}}},$$

$$|\delta_0^\pi - \delta_2^\pi| = 55^\circ$$

$B \rightarrow \pi\pi$ с пингвином

член P^2 извлекаем из $\text{Br}(K^0 \pi^+)$:

$$\text{Br}(B_d \rightarrow \pi^+ \pi^-)_P \approx 0.59 \cdot 10^{-6};$$

$$|\delta_0^\pi - \delta_2^\pi| = 47^\circ \pm 10^\circ$$

исходя из pQCD теоретики думали, что сильные фазы в распадах В-мезонов будут малы,

$$\simeq \alpha_s/\pi = 5^\circ$$

$(\delta_0 - \delta_2)^{\rho\rho}$ из экс. данных

т.к. в распадах $B \rightarrow \rho\rho$ рождаются почти полностью продольно поляризованные ρ -мезоны анализ аналогичен распадам $B \rightarrow \pi\pi$ и даёт:
 $|\delta_0^\rho - \delta_2^\rho| = 15^\circ + 5^\circ - 10^\circ$, мала в соответствии с pQCD.

Различие FSI фаз обуславливает относительную величину ширины $B \rightarrow \pi^0\pi^0$ и малость $B \rightarrow \rho^0\rho^0$.

Мы хотим понять, почему сильные фазы велики в амплитудах $B \rightarrow \pi\pi$ но малы в амплитудах $B \rightarrow \rho\rho$.

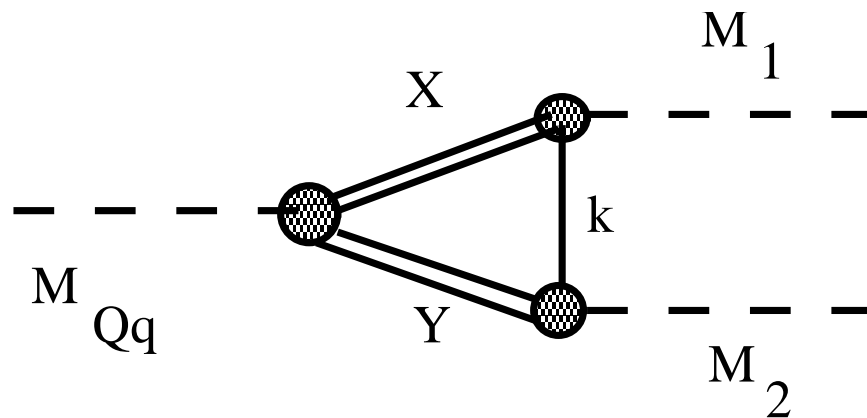
pQCD не работает, важна динамика на больших расстояниях

промежуточные состояния

$b \rightarrow u\bar{u}d$ - в основном три струи с большими относительными импульсами.

Какое состояние переходит в пару легких мезонов поймем по обратной реакции:

$\pi\pi$ - столкновение при $\sqrt{s} = 5$ ГэВ.



$$\int dk_0 dk_z = 1/(2 \cdot M_B^2) \int ds_X ds_Y$$

$$M_{\pi\pi}^I = M_{XY}^{(0)I} (\delta_{\pi X} \delta_{\pi Y} + iT_{XY \rightarrow \pi\pi}^{J=0})$$

А.Б.Кайдалов, М.В., Phys. Lett. B 652 (2007) 203;
arXiv:0807.2126

$$\delta_0^\pi(\rho\rho) = 15^\circ, \delta_2^\pi(\rho\rho) = -5^\circ$$

$$\delta_I^\pi(\rho\rho) \sim 1/M_B \rightarrow 0$$

$$(\delta_0^\rho(\pi\pi) - \delta_2^\rho(\pi\pi) \approx 4^\circ)$$

Учитывая $\pi\pi$ и πa_1 промежуточные состояния
мы получили

$$\delta_0^\pi = 23^\circ, \delta_2^\pi = -7^\circ, \delta_0^\pi - \delta_2^\pi = 30^\circ,$$

и точность этого числа не высока.

α

Подавленная по цвету древесная амплитуда C в распадах $B \longrightarrow \pi\pi$ увеличивается большим перерасеянием. В распадах $B \longrightarrow \rho\rho$ перерасеяние значительно меньше.

CPV:

Пингвин уменьшает α на 20° (ср. с β):

$$\alpha_{\pi\pi} = 90^\circ \pm 3^\circ(\text{ex}) \pm 10^\circ(\text{th}; P; d - s)$$

Распады $B \longrightarrow \rho\pi$ позволяют точнее определить α , т.к. вклад пингвина в них меньше:

$$\alpha_{\rho\pi} = 84^\circ \pm 3^\circ(\text{exp}) \pm 3^\circ(\text{theor}) .$$

$A_{CP}(K\pi)$

Belle, Nature 452 (Март 2008)332:

$$A_{CP}(K^+\pi^-) = -0.094(18)(8); \quad A_{CP}(K^+\pi^0) = 0.07(3)(1)$$

Отличие более чем на 4σ ; Новая Физика?
4 поколение?

Комментарий в Nature Майкла Пескина.

Однако с учетом подавленной по цвету древесной амплитуды C :

$$A_{CP}(K^+\pi^-) = A_{CP}(K^+\pi^0) + A_{CP}(K^0\pi^0),$$

а используя $d - s$ симметрию мы получим:

$$A_{CP}(K^0\pi^0) = \frac{\Gamma_{\pi^0\pi^0}}{\Gamma_{K^0\pi^0}} \left| \frac{V_{us}V_{ts}}{V_{td}} \right| C_{00} \frac{\sin(\gamma)}{\sin(\alpha)} \approx -0.07$$

Новая Физика не нужна.

Заключение

- эксклюзивные нелептонные распады В-мезонов - новый полигон для изучения сильных взаимодействий
- измерение параметров распадов В-мезонов с более высокой точностью на LHC и супер В-фабрике важно как для поиска Новой Физики, так и для расширения нашего понимания сильных взаимодействий