

Поиск Z' -бозона
индуцируемого четырехцветовой симметрией
на ЛНС и возможные ограничения на его массу

Зайцев Юрий

Ярославль, ЯРГУ

"Физика фундаментальных взаимодействий"
ИФВЭ, 25 декабря, 2008

- ◆ Введение
- ◆ Взаимодействие Z' – бозона с фермионами
- ◆ Сечение процесса $f \bar{f} \rightarrow \gamma, Z, Z' \rightarrow l^+ l^-$
- ◆ Сечение рождение $\mu^+ \mu^-$ пар в $p p$ столкновениях
- ◆ Анализ возможных данных с LHC
- ◆ Заключение

- ◆ Расширения CM (E_6 , LRM, ALRM, MOLS) → Z'
- ◆ Текущие ограничения на массу Z' –
 бозона : $M_{Z'} \approx 1.4$ ТэВ (LEP2), $M_{Z'} \approx 0.8$ ТэВ (Tevatron)
- ◆ Возможные ограничения с LHC $M_{Z'} \approx 4 - 6$ ТэВ

$$\mathcal{L}_{\text{gauge}}^{\text{NC}} = -e \sum_{i=\gamma, Z_1, Z_2} J_{\mu}^i A_i^{\mu}, \quad J_{\mu}^i = \sum_{f_a} \overline{f_a} \gamma_{\mu} (\nu_{f_a}^i + a_{f_a}^i \gamma_5) f_a$$

Z - Z' смешивание

$$\nu_{f_a}^Z = \nu_{f_a}^{Z_1} \cos \theta_m - \nu_{f_a}^{Z_2} \sin \theta_m \quad a_{f_a}^Z = a_{f_a}^{Z_1} \cos \theta_m - a_{f_a}^{Z_2} \sin \theta_m$$

$$\nu_{f_a}^{Z'} = \nu_{f_a}^{Z_1} \sin \theta_m + \nu_{f_a}^{Z_2} \cos \theta_m \quad a_{f_a}^{Z'} = a_{f_a}^{Z_1} \sin \theta_m - a_{f_a}^{Z_2} \cos \theta_m$$

$$\nu_{f_a}^{Z_1} = \frac{(\tau_3)_{aa} - 4 Q_{f_a} S_W^2}{4 S_W C_W} \quad a_{f_a}^{Z_1} = \frac{(\tau_3)_{aa}}{4 S_W C_W}$$

T.Rizzo, *hep - ph/0610104*

A.Leike, *Phys.Rep.* 317, 143 (1999); *hep - ph/9805494*

$SU_V(4) \otimes SU_L(2) \otimes U_R(1)$

84	82	81
α_{st}	α_w	α_{em}

$$V_{f_a}^{Z_2} = \frac{1}{c_W s_W \sqrt{1-s_W^2-s_S^2}} \left[c_W^2 \sqrt{\frac{2}{3}} (t_{15})_f - \left(Q_{f_a} - \frac{(\tau_3)_{aa}}{4} \right) s_S^2 \right]$$

$$a_{f_a}^{Z_2} = \frac{c_W s_W \sqrt{1-s_W^2-s_S^2}}{s_S} \frac{(\tau_3)_{aa}}{4}$$

J. S. Pati and A. Salam, Phys.Rev.D 10 (1974), 275

Smirnov A. D., Phys.Lett.B346 (1995), p. 297

Смирнов А.Д., ЯФ том 58 (1995), стр.2252

$$\sigma\left(\overline{f f} \xrightarrow{\gamma, Z, Z'} l^+ l^-\right) = \frac{4 \pi s \alpha^2}{3 N_c} \sum_{i, j = \gamma, Z, Z'} C_{fi}^{ij} P_{ij}(s)$$

КОМБИНАЦИЯ КОНСТАНТ СВЯЗИ

$$B_{fa}^{ij} = \left(a_{fa}^i v_{fa}^j + v_{fa}^i a_{fa}^j \right) \left(a_l^i v_l^j + v_l^i a_l^j \right)$$

$$C_{fa}^{ij} = \left(a_{fa}^i a_{fa}^j + v_{fa}^i v_{fa}^j \right) \left(a_l^i a_l^j + v_l^i v_l^j \right)$$

фактор из пропагатора

$$P_i = \frac{1}{s - M_i^2 + i M_i \Gamma_i} \quad P_{ij}(s) = \text{Re} \left[P_i(s) P_j^*(s) \right]$$

T. Rizzo, hep - ph/0610104

A. Leike, Phys.Rep.317, 143 (1999); hep - ph/9805494

$$d\sigma \left(pp \xrightarrow{\gamma, Z, Z'} \mu^+ \mu^- \right) = \sum_k F_k(x_1, x_2, s) \sigma_{q_k q_k \rightarrow \mu^+ \mu^-}^{\gamma, Z, Z'} dx_1 dx_2$$

плотность вероятности пары в начальном состоянии

$$F_k(x_1, x_2, s) = f_{q_k}(x_1, s) f_{q_k}^-(x_2, s) + f_{q_k}(x_2, s) f_{q_k}^-(x_1, s)$$

новые переменные

$$M^2 = x_1 x_2 S, \quad y = \ln(x_1/x_2), \quad dx_1 dx_2 = \frac{2M}{S} dM dy$$

$$\frac{d\sigma \left(pp \xrightarrow{\gamma, Z, Z'} \mu^+ \mu^- \right)}{dM} = \frac{8\pi M^3 \alpha^2}{9S} \sum_{ij} I^{ij}(M, S) P_{ij}(M^2)$$

где

$$I^{ij}(M, S) = \sum_k I_k(M, S) C_{q_k \mu}^{ij}$$

$$I_k(M, S) = \int_{-\ln \sqrt{S}/M}^{\ln \sqrt{S}/M} F_k \left(\frac{M}{\sqrt{S}} e^y, \frac{M}{\sqrt{S}} e^{-y}, M^2 \right) dy$$

сигнальный процесс

$$\sigma_s(M_Z, \Delta M) = \int_{M_Z - \Delta M}^{M_Z + \Delta M} \frac{d\sigma \left(p p \rightarrow \mu^+ \mu^- \right)^{\gamma, Z, Z'}}{dM} dM, \quad N_S = L \sigma_s(M_Z, \Delta M)$$

фоновый процесс

$$\sigma_B(M_Z, \Delta M) = \int_{M_Z - \Delta M}^{M_Z + \Delta M} \frac{d\sigma \left(p p \rightarrow \mu^+ \mu^- \right)^{\gamma, Z}}{dM} dM, \quad N_B = L \sigma_s(M_Z, \Delta M)$$

L-интегральная светимость $\Delta M = 0.85 \Gamma_Z = 2 \sigma$

[G.Landsberg, K.T.Matchev, hep - ex/0001007.](#)

значимость сигнала

$$S = \sqrt{2 \left((N_S + N_B) \ln \left(1 + \frac{N_S}{N_B} \right) - N_S \right)}$$

[V.Bartsch and G.Quast, IJEP - KA/2003 - 30, CMS Note 2005/004.](#)

PDF: AL'03

[S.I.Alekhin, Phys.Rev.D67, 114002 \(2003\), hep-ph/0211096](#)

Ширина распада на пару фермионов

$$\Gamma(Z' \rightarrow \bar{f}_a f_a) = N_f M_{Z'} \frac{\alpha}{3} \left((V_{f_a}^{Z'})^2 + (A_{f_a}^{Z'})^2 \right) \quad N_f = \begin{matrix} 1 \text{ (лептоны)} \\ 3 \text{ (кварки)} \end{matrix}$$

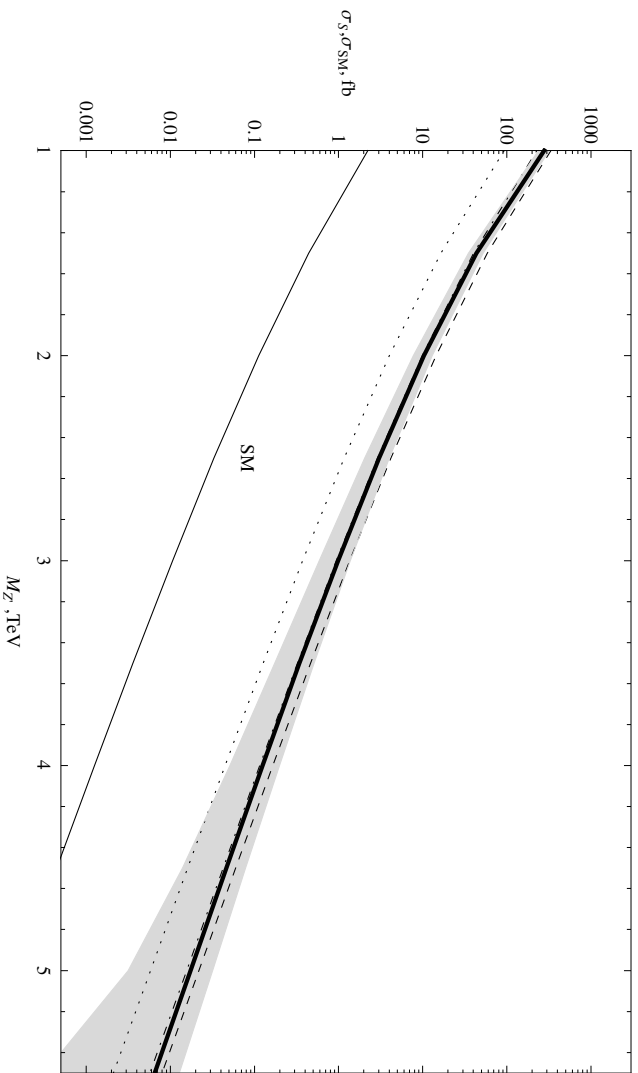
Ширина распада на пару скалярных бозонов

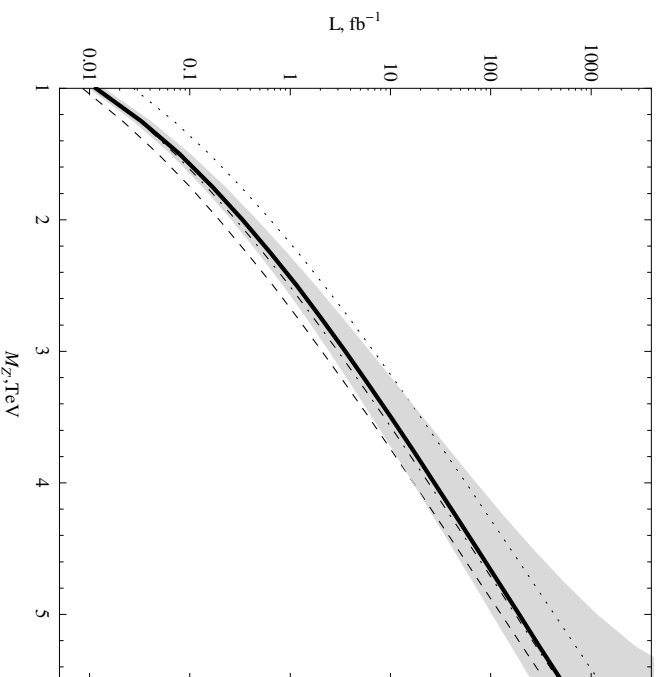
$$\Gamma(Z' \rightarrow \bar{\Phi}\Phi) = N_\Phi \frac{g_{Z'\Phi\Phi}^2}{48\pi} M_{Z'} \left(1 - \frac{4m_\Phi^2}{M_{Z'}^2} \right) \quad N_\Phi = \begin{matrix} 16 \text{ (скалярные глюоны } F_a) \\ 6 \text{ (скалярные легтокварки } S_a^\pm) \end{matrix}$$

константы взаимодействия

$$g_{Z'F_a F_a} = -\frac{e\sigma}{2s_W c_W} \quad g_{Z'S_a^\pm S_a^\pm} = -e \left(\frac{\sigma}{2s_W c_W} \pm \frac{2t_W}{3\sigma} \right)$$

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{1 - s_W^2 - s_s^2}}$$





- ◆ Вычислено сечение рождения $\mu^+ \mu^-$ пар в pp столкновениях с учетом Z' -бозона, индуцируемого четырехцветовой симметрией между кварками и лептонами.

- ◆ При массах Z' - бозона МКЛС - модели:

$$M_{Z'} < 2.44 \pm_{0.15}^{0.13} \text{TeV} @ 1 \text{fb}^{-1}$$

$$M_{Z'} < 3.50 \pm_{0.29}^{0.22} \text{TeV} @ 10 \text{fb}^{-1}$$

$$M_{Z'} < 4.67 \pm_{0.52}^{0.31} \text{TeV} @ 100 \text{fb}^{-1}$$

возможно его проявление в процессе $pp \rightarrow \gamma, Z, Z' \rightarrow \mu^+ \mu^-$ на уровне статистической значимости 5σ

- [1] J.C.Pati and A.Salam, Phys.Rev.D 10 (1974), 275
- [2] Smirnov A.D., Phys.Lett.B346 (1995), p.297
- [3] Смирнов А.Д., ЯФ том 58 (1995), стр.2252
- [4] T.Rizzo, hep - ph/0610104
- [5] A.Leike, Phys.Rep.317, 143 (1999); hep - ph/9805494
- [6] R.Cousins, J.Mumford and V.Valuev, CMS NOTE 2005 - 002
- [7] R.Cousins, J.Mumford and V.Valuev, CMS NOTE 2006 - 062
- [8] V.Bartsch and G.Quast, ИЕКР - KA/2003 - 30, CMS Note 2005/004.
- [9] G.Landsberg, K.T.Matchev, hep - ex/0001007.
- [10] S.I.Alekhin, Phys.Rev.D67, 114002 (2003), hep - ph/0211096

L, fb^{-1}	$MQLSM$			E_6	LRM	SSM
	5σ	3σ	1σ	5σ	5σ	5σ
1	2.44	2.90	3.95	2.18	2.50	2.67
10	3.50	4.01	5.14	3.18	3.57	3.74
100	4.67	5.19	6.38	4.28	4.72	4.89