

# ОГРАНИЧЕНИЯ НА Z-Z' СМЕШИВАНИЕ ДЛЯ РОЖДЕНИЯ W<sup>+</sup>W<sup>-</sup> НА ILC

**И. Д. Бобовников**

введение

Тяжелый нейтральный калибровочный Z'-бозон, предсказывается многими теоретическими моделями, выходящими за рамки Стандартной модели (СМ) такими, например, как лево-право симметричные модели (LR), альтернативные лево-право симметричные модели (ALR), E6-модели и другие. В результате поисков эффектов Z'-бозона на Большом адронном коллайдере (LHC) были получены ограничения (нижняя граница) на массу Z'-бозона, которые для различных моделей Z'-бозона составили 2.5–3.0 ТэВ.

В эксперименте на Международном линейном e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> коллайдере (ILC) с E<sub>cm</sub> ≤ 1 ТэВ возможно только не прямое наблюдение эффектов Z'-бозона в виде виртуального обмена и/или Z-Z' смешивания, которое, может выражаться в отклонении наблюдаемых от предсказанных СМ.

В настоящей работе исследован потенциал ILC для изучения Z-Z' смешивания и Z' массы в реакции e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> → W<sup>+</sup>W<sup>-</sup> с поляризованными e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> пучками. Данной реакции характерна высокая чувствительность к параметрам Z' (из-за нарушения механизма калибровочного сокращения).

## 1. Z' модели и Z - Z' смешивание

Самый популярный сценарий появления новой калибровочной симметрии U(1)' с Z' это нарушение калибровочной симметрии E6 [1]. В этом случае возникают два дополнительных тяжёлых нейтральных калибровочных бозона, из которых только более лёгкий, как полагается, можно наблюдать на ускорителях. Он определяется в терминах нового угла смешивания β:

$$Z' = Z'_\chi \cos \beta + Z'_\psi \sin \beta, \quad (1)$$

которым определяется модель Z'-бозона (см. Табл.1)

Табл. 1

**Значения углов смешивания для различных моделей**

Z' модель	Z' <sub>χ</sub>	Z' <sub>ψ</sub>	Z' <sub>η</sub>
β	0°	90°	-52.3°

Массовые собственные состояния определяются через угол смешивания  $\phi$ , который играет важную роль в нашем анализе :

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z \cos\phi + Z\odot \sin\phi \\ Z_2 &= -Z \sin\phi + Z\odot \cos\phi, \end{aligned} \quad (2)$$

В целом, подобный эффект смешивания отражает лежащую в основе калибровочную симметрию и Хиггсовский сектор модели. В хорошем приближении, для  $M_1 \ll M_2$ , в случае «minimal-Higgs» модели:

$$\phi \approx -s_W^2 \frac{\sum_i \langle \Phi_i \rangle^2 I_{3L}^i Q_i'}{\sum_i \langle \Phi_i \rangle^2 (I_{3L}^i)^2} = C \frac{M_1^2}{M_2^2}, \quad (3)$$

где  $M_1$  и  $M_2$  это массы калибровочных бозонов, а  $C$  является константой. В случае E6 моделей, вытекающих из теории суперструн,  $C$  может быть выражено:

$$C = 4s_W (A - \frac{\sigma - 1}{\sigma + 1} B), \quad (4)$$

где  $\sigma$  это отношение вакуумных ожиданий бозона Хиггса.

## 2. ОТКЛОНЕНИЕ $Z'$ ОТ СМ

Чувствительность поляризованных дифференциальных сечений к параметрам  $\phi$  и  $M_2$  численно оценивалось следующим образом [2]: кинематическая область  $|\cos\theta| \leq 0,98$  разделялась на 10 равных бинов, и определялась  $\chi^2$  функция в терминах ожидаемого числа частиц  $N(i)$  в каждом бине для данных конфигураций поляризаций:

$$\chi^2 = \sum_{\vec{q}, \vec{p}_L} \sum_i^{bins} \left[ \frac{N_{SM+Z\odot}(i) - N_{SM}(i)}{\delta N_{SM}(i)} \right]^2, \quad (5)$$

Для получения ограничений на параметры использовался критерий:

$$\chi^2 \leq \chi_{min}^2 + \chi_{CL}^2, \quad (6)$$

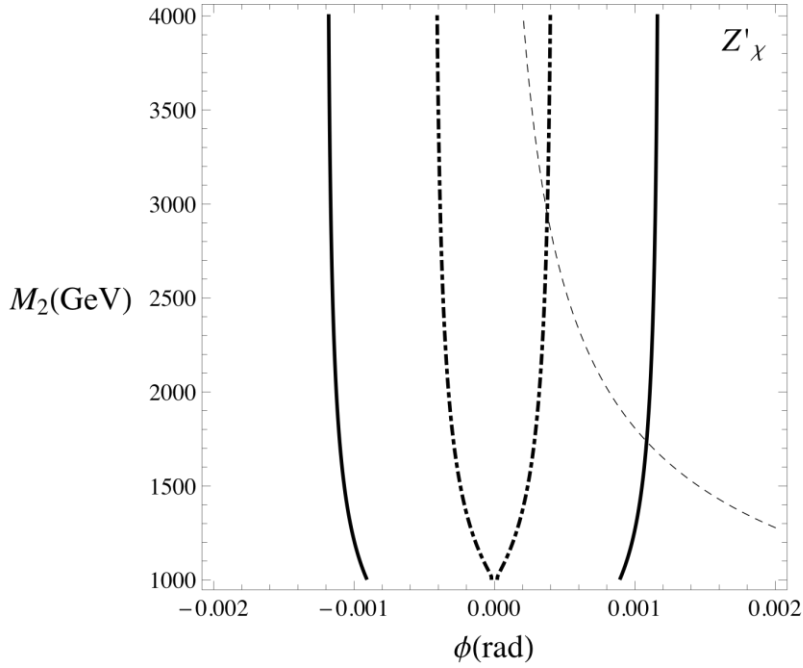


Рис. 1. Ограничения на параметры для  $\chi$  модели на плоскости  $(\phi, M_2)$  для поляризованных начальных  $e^+$  ( $P^+=0.5$ ) и  $e^-$  ( $P^-=0.8$ ) пучков и неполяризованных конечных состояний  $W^\pm$ . Сплошная(штрихпунктирная) линия соответствует энергии ИЛС 0.5 ТэВ(1ТэВ) и  $L_{\text{int}} = 500 \text{ фб}^{-1}$  ( $1000 \text{ фб}^{-1}$ ). Так же показаны дополнительные ограничения для случая «minimal Higgs» моделей (пунктирная линия)

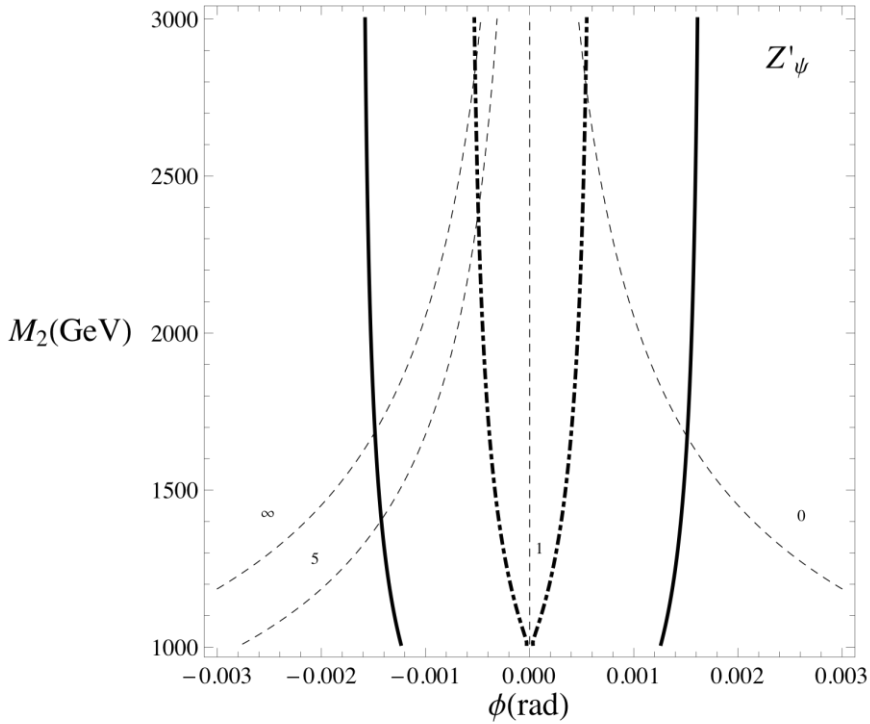


Рис. 2. То же что и для Рис.1, но для модели  $Z'_{\psi}$ . Для случая «minimal Higgs» моделей, ограничения даны при  $\sigma = 0, 1, 5, \infty$ .

Для получения ограничений с уровнем достоверности 95% выбираем  $\chi_{CL}^2 = 5.99$ . Результаты расчётов приведены на Рис. 1-2.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Точки пересечения границ областей ограничения и кривых «minimal Higgs» (Рис 1-2) соответствуют гипотетическим ограничениям на массу  $Z'$  бозона для различных моделей.

Из сравнения полученных нами ограничений с ограничениями полученными на LHC (Табл. 2), видно что на ILC только при энергии 1 ТэВ возможно обнаружение нового  $Z'$ -бозона и улучшение ограничений на параметры  $Z$ - $Z'$  смешивание.

Табл. 2

**Ограничения на M2 для моделей дополнительных  $Z'\chi$ ,  $Z'\psi$ ,  $Z'\eta$  бозонов**

$Z'$ модель	$Z'\chi$	$Z'\psi$	$Z'\eta$
Максимальные ограничения на массу $Z'$ для ILC при 0.5 ТэВ(1ТэВ), (ТэВ)	2,3 (3,7)	1,5 (2,5)	1,7 (2,9)
Ограничения на массу полученные на LHC, (ТэВ)	2,54	2,38	2,44

Улучшить чувствительность на ILC к исследуемым параметрам можно так же посредством рассмотрения поляризованных конечных  $W$ -бозонов.

#### Литература

1. *P. Langacker and M. -x. Luo.* Phys. Rev. D 45,278 (1992).
2. *Vas. V. Andreev, G. Moortgat-Pick, P. Osland, A. A. Pankov and N. Paver.* Eur. Phys. J. C 72, 2147 (2012)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ФОТОСЕНСИБИЛИЗИРУЮЩИХ СВОЙСТВ НАТУРАЛЬНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

**В. Е. Ватутина**

На сегодняшний день при использовании методов фотодинамической терапии (ФДТ) и антимикробной ФДТ (АФДТ) с практической точки зрения из-за сложностей при внедрении новых препаратов имеет смысл