

Поиск аномальных вершин на основе процесса электрослабого рождения Z -бозона с фотоном

Семушин А.Е.

НИЯУ МИФИ

29.12.2020

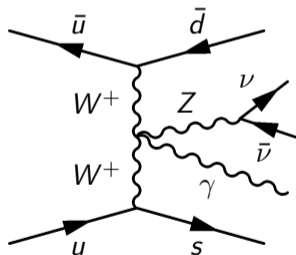
Мотивация

Электрослабое рождение Z -бозона с фотоном.

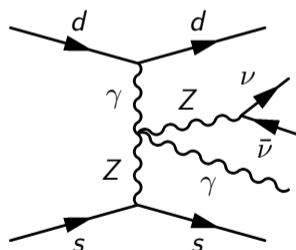
Сигнатура: γ , 2 струи (или более), потерянный поперечный импульс (MET).

\implies процесс: $pp \rightarrow Z\gamma jj$, $Z \rightarrow \nu\bar{\nu}$ или более общий, аналогичный по сигнатуре $pp \rightarrow \nu\bar{\nu}\gamma jj$

Диаграммы, включающие рассеяние векторных бозонов (четверные вершины):



Вершина $WWZ\gamma$ —
предсказывается СМ.



Вершина $ZZ\gamma\gamma$ — не
предсказывается СМ.

Эффективная теория поля

Параметризация лагранжиана операторами высших размерностей:

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{\text{SM}} + \sum_i \sum_n \frac{F_{i,n}}{\Lambda^n} \mathcal{O}_i^{n+4} = \mathcal{L}_{\text{SM}} + \sum_i \sum_n f_{i,n} \mathcal{O}_i^{n+4} \quad (1)$$

f — размерная, но наблюдаемая константа связи.

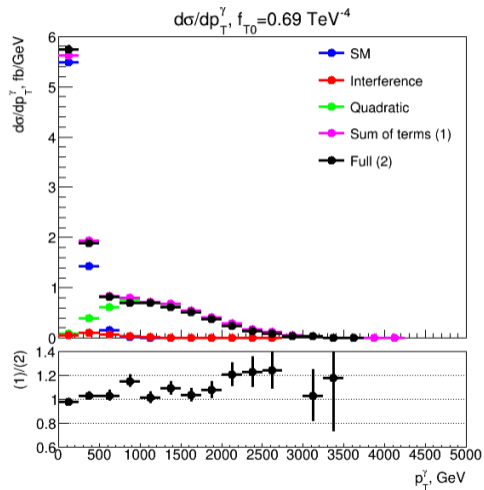
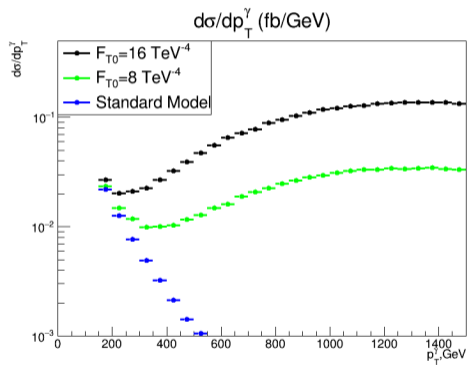
Известный пример эффективной теории (по отношению к СМ $\implies \mathcal{L}_{\text{SM}} = 0$) — теория слабого взаимодействия Ферми (четырёхфермионное взаимодействие): $f = \frac{G_F}{\sqrt{2}}$, $\Lambda = M_W$.

Наибольший вклад в аQGC — от операторов размерности 8.

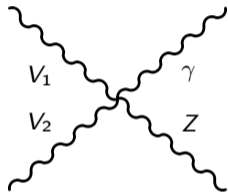
Пример: $\mathcal{O}_{T0} = \text{Tr} \left[\hat{W}_{\mu\nu} \hat{W}^{\mu\nu} \right] \text{Tr} \left[\hat{W}_{\alpha\beta} \hat{W}^{\alpha\beta} \right]$.

Задача — получение одномерных пределов на f , т.е. для $\mathcal{L} = \mathcal{L}_{\text{SM}} + f\mathcal{O}$.

Распределения



Нарушение унитарности и клиппинг

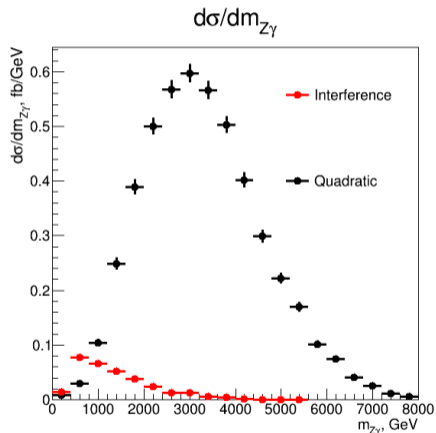


Рассеяние векторных бозонов (VBS) $\rightarrow \hat{s}$.
Унитарность S -матрицы: $SS^\dagger = 1$.
Унитарность нарушается при использовании EFT \rightarrow неограниченный рост сечения VBS с ростом \hat{s} .

Клиппинг — выключение вклада новой физики при

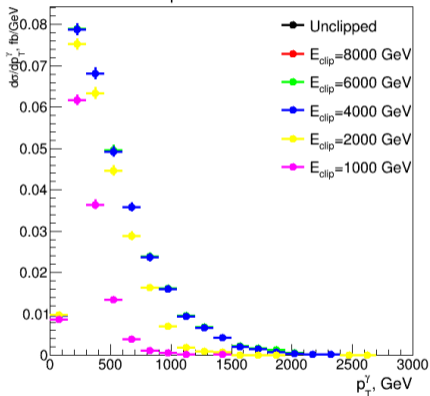
$$\sqrt{\hat{s}} > E_{\text{clip}}.$$

$$\sqrt{\hat{s}} = m_{Z\gamma}.$$

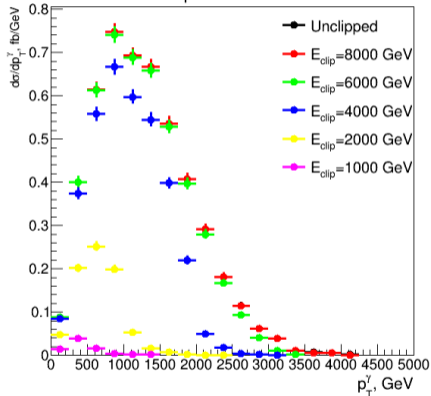


Члены, отвечающие за вклад новой физики, для разных E_{clip}

$d\sigma/dp_T^\gamma$ interference term



$d\sigma/dp_T^\gamma$ quadratic term



На данном этапе работы выбраны значения: $E_{\text{clip}} = \infty, 6 \text{ ТэВ}, 2 \text{ ТэВ}$.

Фитирование: основные идеи

Функция правдоподобия:

$$L\left(N_{\text{data}}^i, \vec{\theta}_0 \mid f, \vec{\theta}\right) = \prod_{i=1}^m \text{Poisson}\left(N_{\text{data}}^i \mid N^i\left(f, \vec{\theta}\right)\right) \cdot \text{Gauss}\left(\vec{\theta} \mid \vec{\theta}_0, C\right). \quad (2)$$

Отношение правдоподобия: $\lambda\left(N_{\text{data}}^i, \vec{\theta}_0 \mid f\right) = \frac{L\left(N_{\text{data}}^i, \vec{\theta}_0 \mid f, \hat{\vec{\theta}}(f)\right)}{L\left(N_{\text{data}}^i, \vec{\theta}_0 \mid \hat{f}, \hat{\vec{\theta}}\right)}$.

Данные $\iff \vec{\theta}_0 = 0$, псевдоданные $\iff \vec{\theta}_0 \neq 0$.

- 1 Асимптотический метод (теорема Уилкса)
- 2 Метод псевдоэкспериментов:
 - 1 Метод Feldman-Cousins
 - 2 Метод CL_s

Фитирование: Pre-Fit, результаты

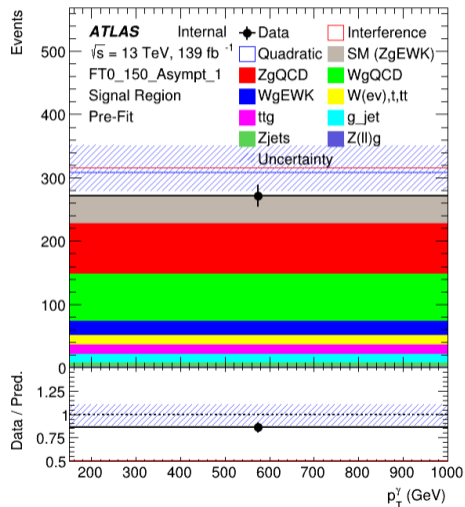


Таблица: Результаты: $f_{T0}, p_T^\gamma > 150 \text{ ГэВ}$.

Описание	Пределы
Теорема Уилкса	
$E_{\text{clip}} = \infty, \text{ TGClim}$	(-0.635, 0.591)
$E_{\text{clip}} = \infty, \text{ свой код}$	(-0.636, 0.592)
Feldman-Cousins	
$E_{\text{clip}} = \infty, \text{ TGClim}$	(-0.641, 0.595)
$E_{\text{clip}} = \infty, \text{ свой код}$	(-0.635, 0.592)
$E_{\text{clip}} = 6 \text{ ТэВ}, \text{ TGClim}$	(-0.643, 0.599)
$E_{\text{clip}} = 2 \text{ ТэВ}, \text{ TGClim}$	(-1.65, 1.42)

Заключение

- Рассматривается чувствительный к аномальным четверным бозонным вершинам процесс электрослабого рождения Z -бозона с фотоном;
- Используемый формализм — эффективная теория поля;
- Ранее были получены результаты, базируясь на которых можно сказать, что в рамках данного исследования можно получить точнейшие пределы на некоторые коэффициенты;
- Рассмотрена проблема нарушения унитарности и рекомендуемый метод ее решения — клиппинг;
- Подробно рассмотрены некоторые аспекты фитирования и получения пределов, изучен и проверен метод Feldman-Cousins;
- Планируется завершить изучение метода CL_s и использовать TReXFitter как программу для получения окончательных результатов.

Backup

Неунитаризованные пределы

Описание	$p_T^\gamma > 150$ ГэВ	$p_T^\gamma > 500$ ГэВ	$p_T^\gamma > 600$ ГэВ	CMS
f_{T0}	(-0.64; 0.59)	(-0.25; 0.22)	(-0.22; 0.20)	0.69
f_{M0}	(-18,7; 19.3)	(-7.6; 7.6)	(-6.93; 6.93)	20.3

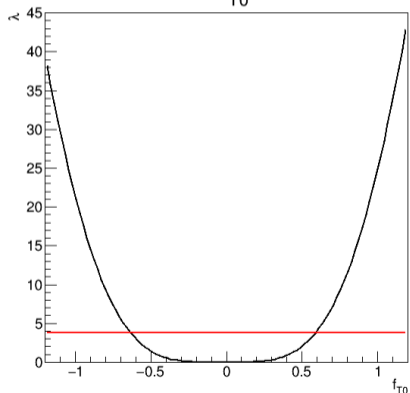
Унитаризованные пределы

$E_{\text{clip}}, \text{ ГэВ}$	$p_T^\gamma > 150 \text{ ГэВ}$			$p_T^\gamma > 600 \text{ ГэВ}$		
	w_1	w_2	f_{T0}	w_1	w_2	f_{T0}
∞	148.9	3.30	(-0.636; 0.593)	158.0	1.50	(-0.220; 0.202)
8000	148.6	3.30	(-0.639; 0.588)	158.0	1.50	(-0.220; 0.202)
6000	144.0	3.30	(-0.643; 0.599)	151.9	1.50	(-0.225; 0.204)
4000	107.2	3.28	(-0.754; 0.692)	108.5	1.47	(-0.268; 0.239)
2000	23.7	2.64	(-1.65; 1.42)	16.3	0.816	(-0.708; 0.604)
1000	2.27	1.29	(-5.54; 4.43)	0.617	0.0848	(-3.53; 3.22)
0	0	0	—	0	0	—

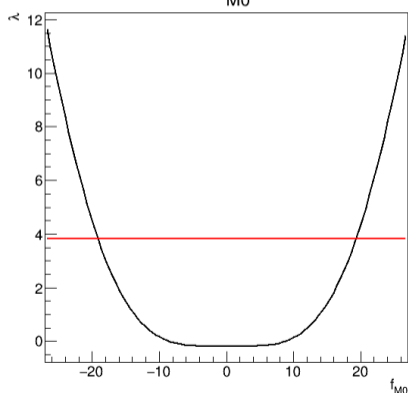
Теорема Уилкса

$$-2 \ln \lambda(f) \rightarrow \chi_1^2(f) \implies -2 \ln \lambda(f) = 3.84.$$

$\lambda(f_{T0})$

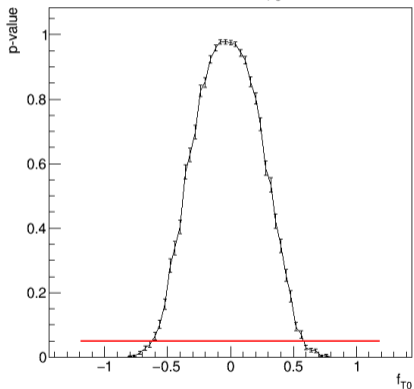


$\lambda(f_{M0})$



Feldman-Cousins

p-value(f_{T0})



p-value(f_{M0})

