

Видно, что в диапазоне расстояний от 0 до 1 мм зависимость $V(x)$ достаточно сильная, это позволяет измерять величину x по показаниям датчика.

Литература

1. Дубицкий С. Д. Инженерное моделирование квазистатического электромагнитного поля в программе ELCUT для задач электроники. / сборник «Электромагнитная совместимость в электронике». – СПб 2017. – С. 84–88.

Д. В. Синегрибов

(ГГУ имени Ф. Скорины, ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

Науч. рук. **В. В. Андреев**, д-р физ.-мат. наук, профессор

ВЛИЯНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОТКЛОНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КАЛИБРОВОЧНОГО БОЗОНА В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИИ В ПАРУ КВАРКОВ

Введение. Современные ограничения на массу Z' заметно больше в сравнении с планируемыми энергиями e^+e^- ускорителей следующего поколения. Поэтому, предоставляется возможность только существенно уточнить характеристики Z' , проявляющиеся в виде отклонений наблюдаемой от поведения Стандартной Модели (СМ) [1]. Экспериментальную информацию для такого случая можно представить в виде ограничений на физические параметры Z' . Такие оценки полезны для корректировки моделей Z' и построения будущей фундаментальной теории.

Представление дифференциального сечения. Получено представление дифференциального сечения рассеяния в приближении Борна для процесса $e^+e^- \rightarrow f\bar{f}$, которое записывается в виде:

$$\frac{d\sigma^{SM+Z'}}{dz}(P_{e^+}, P_{e^-}) = N_c (1 - P_{e^+} P_{e^-}) \frac{\alpha^2 \beta \pi}{8s} [(1 - z\beta)^2 Q_1^{SM+Z'} + (1 + z\beta)^2 Q_2^{SM+Z'} + \eta_f^2 Q_3^{SM+Z'}].$$

В формуле: $z \equiv \cos \theta$ (θ – угол между e^- и f); N_c – цветовой фактор ($N_c = 1(3)$ для лептона(кварка)); α – постоянная тонкой структуры; P_{e^+} и P_{e^-} – степени продольной поляризации e^+ и e^- пучка; $\beta = \sqrt{1 - 4m_f^2/s}$ ($\eta_f = \sqrt{1 - \beta^2}$), здесь m_f – масса конечного фермиона; \sqrt{s} – энергия столкновения.

Параметры $Q_{1,2,3}^{SM+Z'}$ определяются комбинациями $q_{\lambda_e \lambda_f}^{SM+Z'}$ (λ_e и λ_f – спиральности начального и конечного состояния) и функцией P_{eff} :

$$Q_1^{SM+Z'} = p_{\text{eff}}^- |q_{LR}^{SM+Z'}|^2 + p_{\text{eff}}^+ |q_{RL}^{SM+Z'}|^2,$$

$$Q_2^{SM+Z'} = p_{\text{eff}}^- |q_{LL}^{SM+Z'}|^2 + p_{\text{eff}}^+ |q_{RR}^{SM+Z'}|^2,$$

$$Q_3^{SM+Z'} = 2p_{\text{eff}}^- \text{Re} [q_{LL}^{SM+Z'} q_{LR}^{SM+Z'}]^* + 2p_{\text{eff}}^+ \text{Re} [q_{RL}^{SM+Z'} q_{RR}^{SM+Z'}]^*,$$

где $P_{\text{eff}} = (P_{e^-} - P_{e^+}) / (1 - P_{e^+} P_{e^-})$; $p_{\text{eff}}^{\pm} = 1 \pm P_{\text{eff}}$.

Параметры $q_{\lambda_e \lambda_f}^{SM+Z'}$ определяются формулами:

$$q_{\lambda_e \lambda_f}^{SM+Z'} = \sum_i \frac{sg_{i,e}^{\lambda_e} g_{i,f}^{\lambda_f}}{s - m_i^2 + im_i \Gamma_i},$$

где $g_{i,f}^{L,R} \equiv g_{i,f}^{\mp}$ – фермионные константы связи с бозонами $i = \gamma, Z^0, Z'$ с соответствующими массами m_i и ширинами Γ_i .

Введенные обобщенные, эффективные параметры отклонения ΔQ_i , определяющие отклонение дифференциального сечения от СМ, записываются:

$$\Delta Q_1(p_{\text{eff}}^+, p_{\text{eff}}^-) = Q_1^{SM+Z'} - Q_1^{SM} = p_{\text{eff}}^- \Delta q_{LR} - p_{\text{eff}}^+ \Delta q_{RL},$$

$$\Delta Q_2(p_{\text{eff}}^+, p_{\text{eff}}^-) = Q_2^{SM+Z'} - Q_2^{SM} = p_{\text{eff}}^- \Delta q_{LL} - p_{\text{eff}}^+ \Delta q_{RR},$$

$$\Delta Q_3(p_{\text{eff}}^+, p_{\text{eff}}^-) = Q_3^{SM+Z'} - Q_3^{SM},$$

где $\Delta q_{\lambda_e \lambda_f} = \left| q_{\lambda_e \lambda_f}^{SM+Z'} \right|^2 - \left| q_{\lambda_e \lambda_f}^{SM} \right|^2$.

Влияние поляризации на ограничения. Для получения ограничений на физические параметры Z' нужно:

- 1) используя функцию χ^2 найти области изменения ΔQ_i ;
- 2) получить области изменения $\Delta q_{\lambda_e \lambda_f}$ используя систему уравнений;
- 3) используя выражения для $\Delta q_{\lambda_e \lambda_f}$, получить ограничения на физические параметры Z' .

Для получения ограничений на параметры отклонения $\mathbf{\Omega} = \Delta Q_i$ используется функция χ^2 , которая записывается в виде:

$$\chi^2(\mathbf{\Omega}) = \sum_i^{\text{bins}} \left[\frac{N_i^{SM+Z'}(\mathbf{\Omega}) - N_i^{SM}}{\delta N_i^{SM}} \right]^2 \leq \chi_{\text{min}}^2 + \chi_{C.L.}^2,$$

где δN_i^{SM} – экспериментальная относительная погрешность процесса, состоящая из случайной и систематической ошибки;

N_i^{model} – число событий модели.

С помощью $\chi^2(\Delta Q_i)$ получены одномерные ограничения на параметры $\Delta Q_{1,2}$ (рисунок 1). Ограничения на ΔQ_3 аномально большие, потому что соответствующее слагаемое в выражении для сечения пропорционально $\eta_f^2 = 4m_f^2/s$ (значение порядка 10^{-5}). Поэтому для повышения точности ограничений на физические параметры Z' используются только ΔQ_1 и ΔQ_2 .

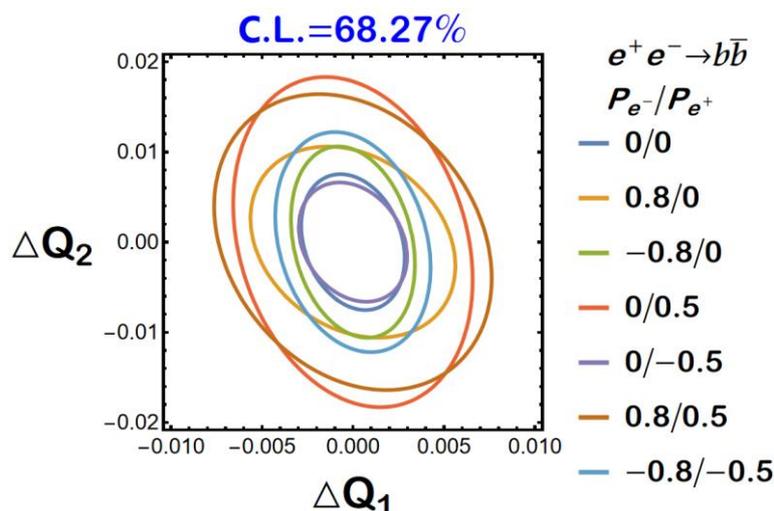


Рисунок 1 – Модельно-независимые ограничения на параметры отклонения $\Delta Q_{1,2}$ полученные для эксперимента ILC ($\sqrt{s} = 1T\text{эВ}$, $\sqrt{s} = 1T\text{эВ}$ и $\mathcal{L}_{int} = 8\text{аб}^{-1}$)

При положительной поляризации электронного пучка $P_{e^-} = 0,8 - p_L = 1/5$, а при отрицательной $P_{e^-} = -0,8 - p_L = 4/5$ (p_L – коэффициент, уменьшающий светимость при наличии поляризации e^+ и e^- пучка). Аналогично, для случая поляризации позитронного пучка при значении $P_{e^+} = \pm 0,5$. Для случая $P_{e^-} = P_{e^+} = 0$ значение $p_L = 1$, а когда поляризованы оба пучка, значение p_L выбирается по поляризации электронного.

Как можно заметить, ограничения на прямую зависят от интегральной светимости и меньше для неполяризованного и частично поляризованного $0/-0,5$ случая. Однако, рассматривая последний случай можно предположить, что при увеличении степени позитронной поляризации возможно получить более строгие ограничения.

Заключение. В работе с помощью разработанной методики получены ограничения на «эффективные» параметры Z' в зависимости от поляризации начальных пучков в процессе $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}$.

Литература

1. Das, A. Probing the minimal $U(1)_X$ model at future electron-positron colliders via fermion pair-production channels [Электронный ресурс] / A. Das, P. S. Bhupal Dev, Y. Hosotani, S. Mandal // 2022. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2104.10902.pdf>. – Дата доступа: 01.03.2024.

В. С. Ситкевич, Ю. Н. Кендыш
(ГрГУ имени Я. Купалы, Гродно)

Науч. рук. **О. А. Жарнова**, канд. техн. наук, доцент

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА КЛЕТОК В ХОНДРОЦИТАХ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ПРИ ЕГО ДВИЖЕНИИ В САГИТТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Введение. Состояние клеток хряща является важным для предотвращения дистрофических изменений в шейном отделе позвоночника. Потеря протеогликанов, клеточная