

расстояния от линзы до предмета), выполняя необходимые построения посредством компьютера. (При возможности такое исследование может быть реализовано на интегрированном уроке физики и информатики.) В завершение урока можно показать фрагмент видеофильма о производстве оптических линз.

При обосновании решения количественных задач обязательны анализ условия с выделением ключевых терминов и построение чертежа с соблюдением масштаба. В содержание самостоятельных и контрольной работы будут включены задачи разного типа: качественные, состоящие в геометрическом построении изображений и их характеристики, количественные. Задания будут многовариантными, оформленными в виде раздаточного материала, тиражированного с использованием компьютерной техники.

Итоговое занятие предполагается организовать в форме конференции учащихся с обсуждением и защитой проектных заданий, выполненных несколькими группами учащихся по темам, соответствующим разделу «Световые явления» и выбранным из списка, предложенного учителем заблаговременно. К защите учащиеся готовят доклад и иллюстративный материал: компьютерные презентации, натурные опыты, видеофрагменты.

Таким образом, при систематически и технологично выстроенном образовательном процессе может быть обеспечено эффективное усвоение учащимися сведений о световых явлениях и их законах, приобретение важных практических навыков в их применении, формирование представлений о профессии оптика-технолога и оптическом производстве. В совокупности полученные знания, умения и навыки составят основу для продолжения изучения оптических явлений в одиннадцатом классе.

#### Литература

1 Мартина, Л. Г. Использование информационных технологий в преподавании физики / Л. Г. Мартина // Фізика. – 2008. – № 6. – С 44–47.

2 Оспенникова, Е. В. Использование ИКТ в преподавании физики в средней общеобразовательной школе : методическое пособие / Е. В. Оспенникова. – Москва : Бинум. Лаборатория знаний, 2011. – 655 с.

3 Кенжетаева, З. Р. Информационно-коммуникационные технологии на уроках физики [Электронный ресурс] / З. Р. Кенжетаева // КГУ «Карагандинский колледж технологии и сервиса». – Режим доступа: [rep.bntu.by/bitstream/handle/data/72562/74-80.pdf](http://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/72562/74-80.pdf). – Дата доступа: 27.04.2023.

4 Смирнов, А. В. Методика применения информационных технологий в обучении физике : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Физика» / А. В. Смирнов. – Москва : Академия, 2008. – 240 с.

УДК 539.12

*Д. В. Синегрибов, В. Р. Куриленко*

#### **МОДЕЛЬНЫЙ И МОДЕЛЬНО НЕЗАВИСИМЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТОВ ТЯЖЕЛЫХ КАЛИБРОВОЧНЫХ БОЗОНОВ НА ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННЫХ КОЛЛАЙДЕРАХ ИЛС И СЛІС С УЧЁТОМ ПРОДОЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ**

*Статья посвящена разработке метода обнаружения интерференционных эффектов новых нейтральных промежуточных бозонов в процессе  $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$*

с помощью сечения  $\sigma$  и асимметрии вперед-назад  $A_{FB}$  на будущих электрон-позитронных коллайдерах CLIC и ILC; получению модельно-независимых ограничений констант связи  $Z'$ -бозонов для процессов распада в мюоны,  $b$  и  $c$  кварки; сравнению полученных результатов с аналогичными расчетами без учёта поляризации [1].

### Введение

Международный линейный коллайдер (англ. International Linear Collider (ILC)) и компактный линейный коллайдер (англ. Compact Linear Collider (CLIC)) – это два будущих электрон-позитронных коллайдера, которые предназначены для исследования элементарных частиц на высоких энергиях с большой точностью. Строительство ILC первоначально планировалось завершить в 2019 году, но из-за значительных задержек (финансовых, технических, а также международных соглашений) окончание строительства планируется в 2026 году. CLIC – проект, разрабатываемый в CERN (Европейская организация ядерных исследований), предложенный в качестве следующего этапа после LHC (Большой адронный коллайдер). Реализация проекта пока находится на этапе исследований и технического проектирования.

ILC и CLIC активно обсуждаются как важный компонент будущих экспериментов в физике высоких энергий. Интригующим вопросом современной физики элементарных частиц является наличие новых частиц за пределами Стандартной модели (СМ). Точные измерения на ILC и CLIC позволят оценить различные характеристики новых тяжелых частиц. Энергия столкновений  $\sqrt{S_{ILC}} = 1$  ТэВ и  $\sqrt{S_{CLIC}} = 3$  ТэВ.

Информация о массе и константах связи  $Z'$ -бозонов была бы весьма существенной для проверки новых теорий. Наиболее перспективным для этих целей является аннигиляционный канал с рождением пары мюонов:

$$e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^- \quad (1)$$

Косвенное проявление  $Z'$ -бозона состояло бы в обнаружении отклонений физических наблюдаемых величин от поведения, предсказываемого СМ. При этом важным является не только определение масштаба эффекта, но также его знак (отклонения) и энергетическая зависимость.

### Сечение и асимметрия вперед-назад

В приближении Борна, дифференциальное сечение реакции (1) для продольно поляризованных начальных пучков [2]:

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta} = N_c \frac{\pi\alpha_{e.m.}^2}{2S} [(1 + \cos^2\theta)F_1 + 2\cos\theta F_2],$$

где  $\theta$  – угол рассеяния между направлением движения начального электрона и вылетающего фермиона  $f$ ,  $N_c$  – цветовой фактор (3 или 1 для конечных кварков или лептонов соответственно),  $\alpha_{e.m.} = \frac{1}{129}$  – константа электромагнитного взаимодействия.

Функции  $F_{1,2}$  выражаются в терминах амплитуд спиральности следующим образом:

$$F_{1,2} = \frac{1}{4} [(1 + P_e)(1 - P_{\bar{e}})(|A_{RR}|^2 \pm |A_{RL}|^2) + (1 - P_e)(1 + P_{\bar{e}})(|A_{LL}|^2 \pm |A_{LR}|^2)],$$

где  $P_e$  и  $P_{\bar{e}}$  – степени продольной электронной и позитронной поляризаций. Амплитуды спиральности  $A_{\alpha\beta}$  ( $\alpha, \beta = L, R$ ) могут быть представлены в виде диаграмм Фейнмана, изображенных на рисунке 1.

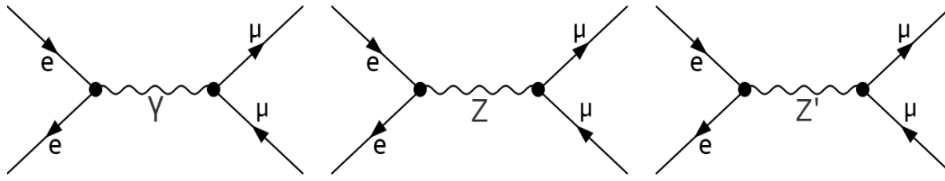


Рисунок 1 – Диаграммы Фейнмана для процесса (1)

Полное сечение рассеяния  $\sigma$ :

$$\sigma = \int_{-1}^1 \frac{d\sigma_{\mu\mu}}{d\cos\theta} d\cos\theta = N_C \sigma_{pt} F_1 = \frac{1}{4} [(1 + P_e)(1 - P_{\bar{e}})(\sigma_{RR} + \sigma_{RL}) + (1 - P_e)(1 + P_{\bar{e}})(\sigma_{LL} + \sigma_{LR})].$$

Асимметрия вперед-назад,  $A_{FB}$ :

$$A_{FB} = \frac{\sigma_{FB}}{\sigma} = \frac{3F_2}{4F_1}.$$

Для количественного представления интерференционной картины рассмотрим три случая, отличающиеся друг от друга разным выбором фермионных констант связи  $v'_f$  и  $a'_f$ , но с одной и той же массой  $M_{Z'}$  (рисунки 2, 3):

- 1) векторный  $Z'_V$ -бозон ( $v'_f=1, a'_f=0$ );
- 2) аксиальный  $Z'_A$ -бозон ( $v'_f=0, a'_f=1$ );
- 3) аксиально-векторный  $Z'_{AV}$ -бозон ( $v'_f=1, a'_f=1$ ).

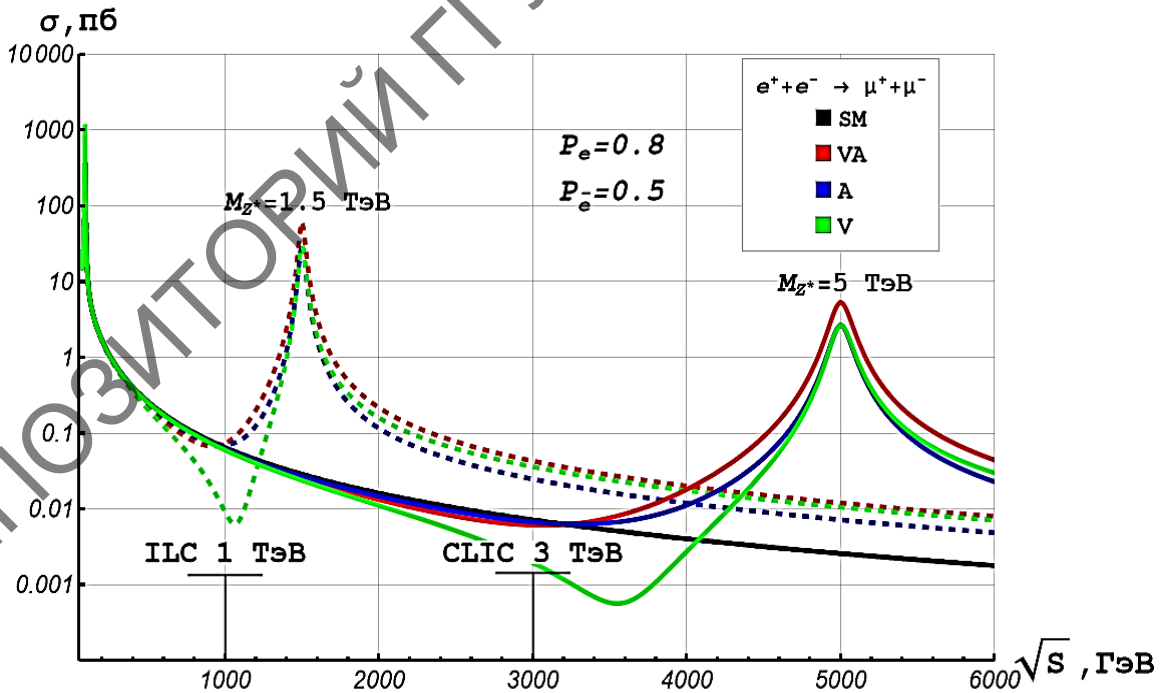


Рисунок 2 – Энергетическая зависимость сечения для Стандартной модели и для модели, предсказывающей существование  $Z'$ -бозона с продольно поляризованными начальными пучками для процесса (1) и массой  $M_{Z'} = 1,5$  и 5 ТэВ

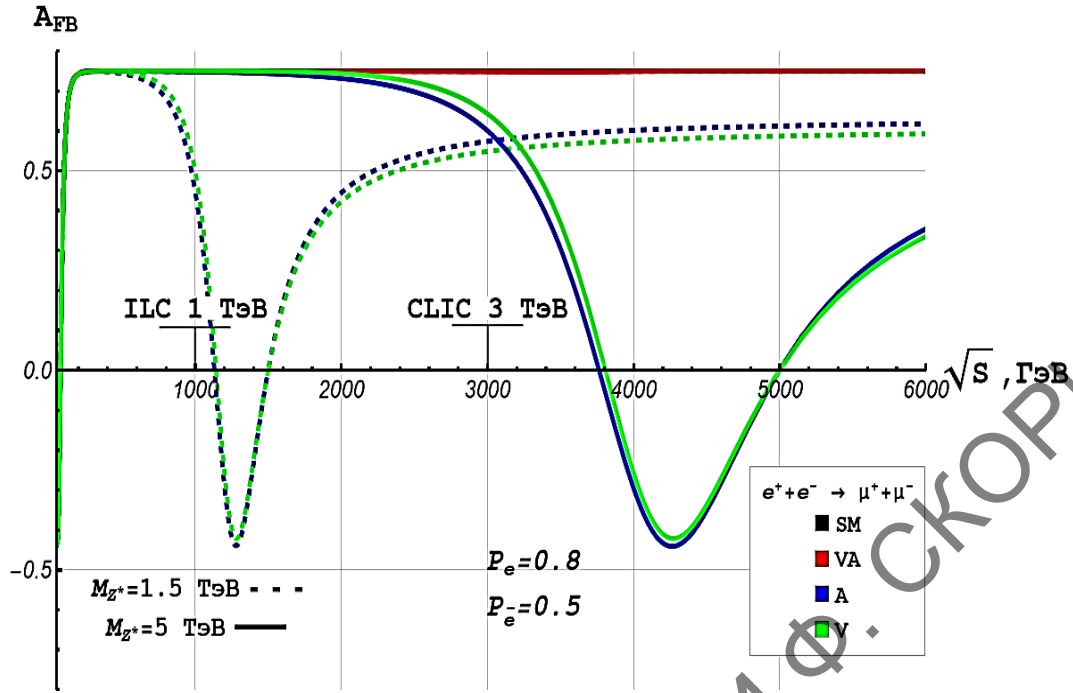


Рисунок 3 – Энергетическая зависимость асимметрии для Стандартной модели и для модели, предсказывающей существование  $Z'$ -бозона с продольно поляризованными начальными пучками для процесса (1) и массой  $M_{Z'} = 1,5$  и  $5$  ТэВ

### Модельно-независимый анализ

Если не удастся обнаружить отклонений от предсказаний СМ на уровне достигнутой или ожидаемой экспериментальной точности, то в этом случае можно оценить чувствительность наблюдаемых к эффектам  $Z'$ -бозона и получить ограничения на параметры  $Z'$ .

Для выполнения анализа удобно использовать модельно-независимую параметризацию лептонных констант связи  $Z'$ -бозона:

$$V_f^f = V_{Z'}^f \sqrt{\frac{g_{Z'}^2 M_Z^2}{4\pi M_{Z'}^2 - S}}, A_f^f = A_{Z'}^f \sqrt{\frac{g_{Z'}^2 M_Z^2}{4\pi M_{Z'}^2 - S}}.$$

Чувствительность наблюдаемых  $\sigma$  можно оценить с помощью функции  $\chi^2$  с двумя степенями свободы, определяемой соотношением:

$$\chi^2 = \left(\frac{\Delta\sigma}{\delta\sigma}\right)^2 + \left(\frac{\Delta A_{FB}}{\delta A_{FB}}\right)^2.$$

Экспериментальная погрешность  $\delta\sigma$  учитывает как статистическую, так и систематическую ошибку. Критерием для ограничений модельно-независимых лептонных констант связи  $v'_l$  и  $a'_l$  служит условие, согласно которому  $\chi^2 < \chi_{crit}^2$ . Величина  $\chi_{crit}^2$  определяется требуемым уровнем статистической достоверности. Уровень статистической достоверности соответствует двум стандартным отклонениям.

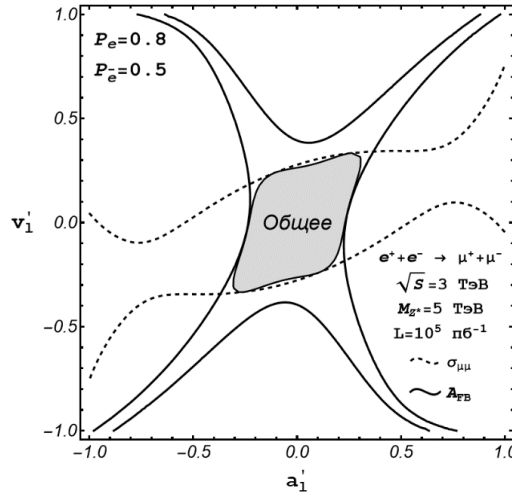


Рисунок 4 – Модельно-независимые ограничения на константы  $Z'$ -бозонов ( $a', v'$ ), полученные из комбинированного анализа полного сечения и асимметрии вперед-назад для процесса  $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$  при энергии  $\sqrt{S_{CLIC}} = 3$  ТэВ и массе  $M_{Z'} = 5$  ТэВ

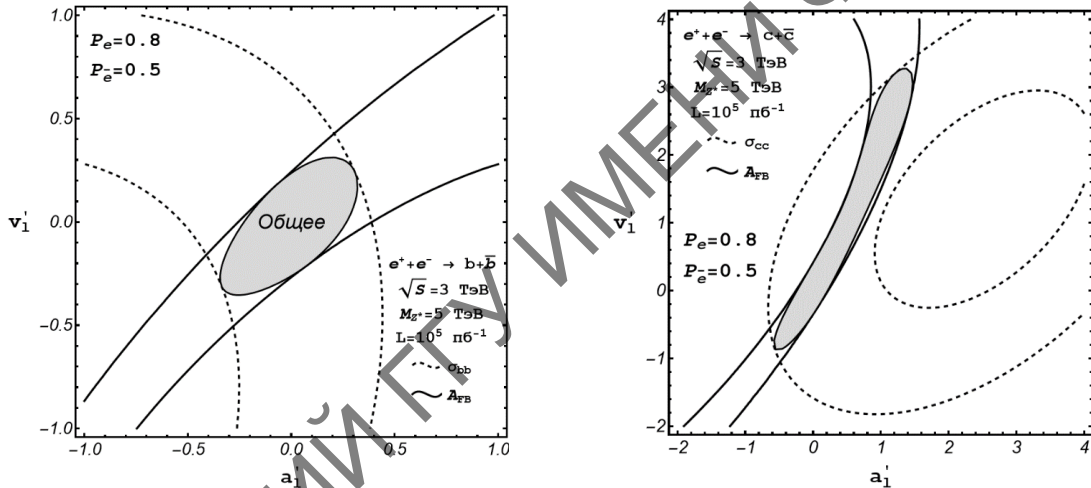


Рисунок 5 – Модельно-независимые ограничения на константы  $Z'$ -бозонов ( $a', v'$ ), полученные из комбинированного анализа полного сечения и асимметрии вперед-назад для процессов  $e^+ + e^- \rightarrow b + \bar{b}$  и  $e^+ + e^- \rightarrow c + \bar{c}$  при энергии  $\sqrt{S_{CLIC}} = 3$  ТэВ и массе  $M_{Z'} = 5$  ТэВ

### Заключение

Разработан теоретический метод обнаружения интерференционных эффектов новых нейтральных промежуточных с помощью сечения  $\sigma$  и асимметрии вперед-назад  $A_{FB}$ .

По полученным результатам можно заключить следующее: предсказать  $Z'$  можно при энергиях  $\sqrt{S} < M_{Z'}$ , по наличию отклонения от поведения СМ; энергия, при которой асимметрия становится отрицательной, будет свидетельствовать о приближении к реальной массе  $Z'$ ; по сравнению результатов с аналогичными расчетами без поляризации можно заключить, что обнаружить  $Z'$  более вероятно для распада в пару мюонов, без начальной поляризации пучков и при выборе фермионных констант связи соответствующих векторному  $Z'_V$ -бозону ( $v'_f=1, a'_f=0$ ).

Получены модельно-независимые ограничения на константы  $Z'$ -бозона для процессов  $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$ ,  $e^+ + e^- \rightarrow b + \bar{b}$  и  $e^+ + e^- \rightarrow c + \bar{c}$ .

## Литература

1 Sinegribov, D. V. Model-independent analysis of the effects of new heavy gauge bosons at high energy electron-positron colliders / D. V. Sinegribov, V. R. Kurylenka, A. A. Babich, A. A. Pankov // XXVIII International seminar in memory of Prof V. I. Kuvshinov «Nonlinear Phenomena in Complex Systems». – 2021. – Vol. 27. – P. 440–447.

2 Pankov, A. A. Model-independent limits on four-fermion contact interactions at LC with polarization / A. A. Pankov, N. P. Paver // Physics Letters B – 1998. – Vol. 432. – P. 159–166.

УДК 004.4

*П. С. Скоробогатый*

### ОТКРЫТЫЙ СТАНДАРТ JSON WEB TOKEN

*В данной статье представлен открытый стандарт упаковки данных JSON Web Token, выявлено, где и для чего он используется. Рассмотрена общая структура стандарта, подробно описана каждая часть структуры, вид и функциональность. Выделены технологии, с которыми может совмещаться JWT, а также полезные качества стандарта, влияющие на сохранность данных пользователей.*

В современном мире неотъемлемой частью жизни стал Интернет. Из дня в день пользователи обращаются во всемирную сеть, чтобы почитать новости, проверить письма на почте или в мессенджерах, посмотреть кино или сериал в онлайн-кинотеатре, поиграть в любимую онлайн-игру или созвониться с близкими по видеосвязи. Но в условиях суровой реальности личные данные пользователей нередко могут быть украдены злоумышленниками. Чтобы помочь решить эту проблему, существуют различные форматы упаковки данных.

Рассмотрим открытый стандарт (RFC 7519) JSON Web Token (JWT).

JSON Web Token (JWT) определяет компактный и самодостаточный способ, который используется для безопасной передачи информации между сторонами в виде JSON-объектов. JWT может использоваться для аутентификации и авторизации пользователей, передачи данных между микросервисами, обмена данными между клиентом и сервером, и т. д. JWT позволяет передавать информацию между сторонами в зашифрованном виде и проверять целостность и подлинность переданных данных [1].

JWT состоит из трех частей: заголовка (header), полезной нагрузки (payload) и подписи (signature). Заголовок содержит информацию о типе токена и используемом алгоритме шифрования. Полезная нагрузка содержит информацию об авторизованном пользователе или другие данные, которые нужны для работы приложения. Подпись создается с помощью секретного ключа и используется для проверки целостности токена. JWT может быть передан между клиентом и сервером в заголовке запроса (HTTP заголовок Authorization) или в теле запроса (в параметре запроса). Веб-сайт или приложение может проверить подлинность токена и использовать информацию внутри токена для выполнения различных действий, таких как аутентификация пользователя или предоставление доступа к определенным функциям приложения.

JWT популярен благодаря своей простоте и удобству использования. Он может быть использован в различных языках программирования и фреймворках. Кроме того, JWT не требует хранения состояния на сервере, то делает его идеальным для разработки микросервисов и RESTful API.