ИССЛЕДОВАНИЕ КОСВЕННОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНО Z'-БОЗОНА НА CLIC ДЛЯ SSM, LRS И ГРУППЫ E_6 МОДЕЛЕЙ

دراسة الظهر غير المباشر لبوزون Z' الإضافي على CLIC لنماذج SSM و LRS والمجموعة E_6

Дмитрий Викторович Синегрибов
Аспирант, мл. науч. сотр., ГГТУ им. П.О. Сухого

Аннотация: *В работе получены ограничения на параметры гипотетической частицы, Z'-бозона, для SSM, LRS и E_6 моделей. Для вычисления ограничений используются планируемые параметры Компактного линейного коллайдера (CLIC). Методика извлечения ограничения базируется на исследовании косвенного проявления Z'-бозона.*

Ключевые слова: *Стандартная Модель, будущие коллайдеры, Z'-бозон*.

Виктор Васильевич Андреев
д.ф.-м.н., профессор, ГГУ им. Ф. Скорины

научный руководитель

الشرف العلمي

أ.د. فيكتور فاسيليفيتش أندرييف
برفيسور بجامعة فرانسسيك اسكارينا الحكومية في غوميل

ديمتري فيكتوروفيتش سينجريبوف
طالب دكتوراه و باحث مبتدئ
بجامعة سوخوي الحكومية التقنية بغوميل

الخلاصة : في هذه الورقة، تم الحصول على القيود المفروضة على معلمات الجسيم الافتراضي، بوزون Z'، لنماذج SSM وLRS وE_6. يتم استخدام المعلمات المخطط لها في المصادم الخطي المدمج (CLIC) لحساب القيود. تعتمد طريقة استخراج الحد على دراسة المظهر غير المباشر لبوزون Z'.

الكلمات المفتاحية : النموذج القياسي، التصادمات المستقبلية، بوزون Z'.

Введение

Дополнительный Z'-бозон (Z') – гипотетическая, нейтральная частица спина 1 [1]. Существование такой частицы – естественное следствие расширения калибровочной группы Стандартной модели (СМ). Задача установления ограничений на параметры Z' является актуальной, поскольку содержится в программе исследований Компактного линейного коллайдера (CLIC) [2]. Основная цель исследования – оценить потенциальные возможности улучшения ограничений на характеристики Z' для планируемого эксперимента на CLIC. Разработанная методика базируется на исследовании косвенного проявления Z' (отклонения от предсказания СМ), поскольку максимальная энергия CLIC меньше современного ограничения на массу Z' [3].

المقدمة

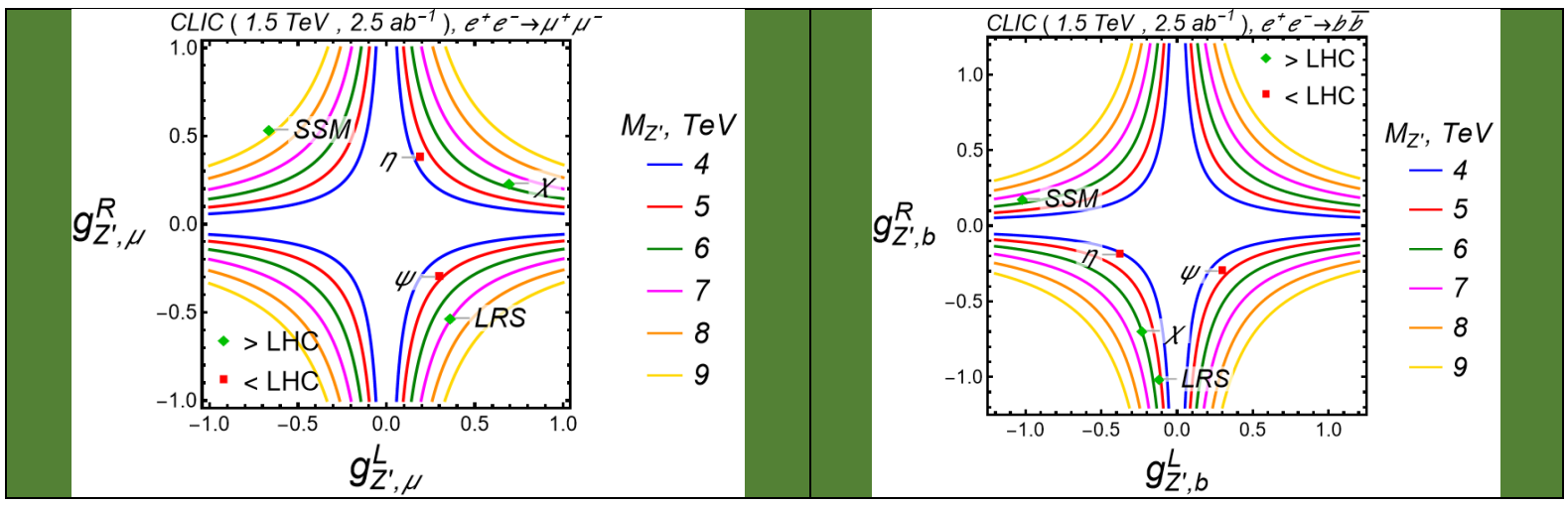
البوزون الإضافي Z' - Z' هو جسيم افتراضي محايد ذو دوران 1 [1]. إن وجود مثل هذا الجسيم هو نتيجة طبيعية لتوسع مجموعة القياس في النموذج القياسي (SM). تعتبر مشكلة وضع القيود على معلمات Z' ذات صلة، حيث أنها مدرجة في برنامج البحث الخاص بالمصادم الخطي المدمج (CLIC) [2]. الهدف الرئيسي من الدراسة هو تقييم إمكانية تحسين القيود المفروضة على خصائص Z' للتجربة المخطط لها على CLIC. تعتمد الطريقة المطورة على دراسة المظهر غير المباشر لـ Z' (الانحراف عن تنبؤ النموذج القياسي)، حيث أن الحد الأقصى للطاقة لـ CLIC أقل من الحد الحالي لكتلة Z' [3].

Краткое описание методики и полученные результаты

Важной особенностью методики является то, что дифференциальное сечение исследуемого процесса в приближении Борна можно представить в виде линейной комбинации функций Z'. Используя предположение, что отклонение числа событий для модели, содержащей Z', от предсказаний СМ не больше экспериментальной неопределенности, можно записать критерий χ^2. Для записи такого критерия вводятся параметры, характеризующие отклонение модели Z' от СМ. На основе критерия χ^2 были получены доверительные интервалы на такие параметры отклонения для заданного уровня достоверности (C.L.). При определении числа событий, которое разбито на угловые бины, учитывается светимость коллайдера, эффективность регистрации конечных фермионов и поляризация. Практически модельно-независимые ограничения на фермионные константы связи Z' можно получить на основе предположения: $\Gamma_{Z'} = 0.1 \times M_{Z'}$ (Рисунок 1). Такие ограничения представлены в виде линий, определяющие границы разрешенной области для фиксированного значения $M_{Z'}$. Чтобы оценить нижние границы на $M_{Z'}$, удобно нанести модели Z' [4] на модельно-независимые ограничения. Для случая (б) нижние границы для SSM и LRS моделей значительно хуже, поскольку, число событий уменьшается в следствии экспериментальной неразличимости кварковых и антикварковых струй.

النتائج والمناقشة

من أهم مميزات هذه الطريقة أنه يمكن تمثيل المقطع التفاضلي للعملية قيد الدراسة في تقريب بورن كتركيبة خطية من الدوال Z'. وباستخدام الافتراض القائل بأن انحراف عدد الأحداث للنموذج الذي يحتوي على Z' عن تنبؤات النموذج القياسي ليس أكبر من عدم اليقين التجريبي، يمكن كتابة معيار χ^2. لتسجيل مثل هذا المعيار، يتم تقديم المعلمات التي تميز انحراف نموذج Z' عن CM. وبناءً على معيار χ^2 ، تم الحصول على فترات الثقة لمعلمات الانحراف هذه لمستوى ثقة معين (C.L.). عند تحديد عدد الأحداث، والتي يتم تقسيمها إلى صناديق زاوية، يتم أخذ لمعان التصادم، وكفاءة الكشف النهائي عن الفرميون، والاستقطاب في الاعتبار. من الممكن الحصول على قيود مستقلة عن النموذج عمليًا على ثوابت اقتران الفرميون Z' استنادًا إلى الافتراض: $\Gamma_{Z'} = 0.1 \times M_{Z'}$ (الشكل 1). يتم تمثيل هذه القيود كخطوط تحدد حدود المنطقة المسموح بها لقيمة ثابتة لـ $M_{Z'}$. لتقدير الحدود الدنيا لـ $M_{Z'}$، من المناسب تعيين نماذج Z' [4] على القيود المستقلة عن النموذج. بالنسبة للحالة (ب)، فإن الحدود الدنيا لنماذج SSM وLRS أسوأ بشكل ملحوظ، حيث يتناقص عدد الأحداث بسبب عدم القدرة على التمييز تجريبياً بين نفاثات الكوارك والكوارك المضاد.



а *б*

а - $e^+e^- \to \mu^+\mu^-$, б - $e^+e^- \to b\bar{b}$

Рис 1 – Модельно-независимые ограничения на константы связи Z' (линии) для 95 % C.L., на которые нанесены модели (метки), содержащие Z'. Разными метками отмечены результаты сравнения полученной нижней границы на массу Z' и аналогичные ограничения, полученные в результате прямого поиска на LHC.

الشكل 1 - القيود المستقلة عن النموذج على حوافت اقتران Z' (الخطوط) لـ 95% من C.L.، والتي يتم تطبيق النماذج (العلامات) التي تحتوي على Z' عليها. تشير العلامات المختلفة إلى نتائج مقارنة الحد الأدنى الذي تم الحصول عليه للكتلة Z' والحدود الدالة التي تم الحصول عليها نتيجة للبحث المباشر في LHC

Используя параметры предполагаемого эксперимента на CLIC, удалось увеличить нижние границы на массу Z' для SSM, LRS и χ моделей. Такое улучшение обусловлено предполагаемой чистотой эксперимента, высокой энергией и светимостью. Важную роль в выполнении методики играет продольная поляризация и статистическая обработка результата.

باستخدام معلمات تجربة CLIC المقترحة، كان من الممكن زيادة الحدود الدنيا للكتلة الأولية Z' لنماذج SSM وLRS وχ . ويرجع هذا التحسن إلى نقاء التجربة المتوقع، والطاقة العالية، والسطوع. تلعب الاستقطاب الطولي والمعالجة الإحصائية للنتائج دورًا مهمًا في تنفيذ هذه التقنية.

Заключение

Подводя итоги анализа, можно заключить, что потенциальные возможности CLIC позволяют улучшить ограничения на массу Z', которые были получены на LHC.

الخاتمة

ولتلخيص التحليل، يمكننا أن نستنتج أن إمكانات CLIC تسمح بتحسين القيود المفروضة على الكتلة الأولية Z' التي تم الحصول عليها في LHC.

Literature المراجع والمصادر

1. Leike, A. The Phenomenology of extra neutral gauge bosons // Phys. Rept. – 1999. – Vol. 317. – P. 143-250.
2. Charles T.K. and others, The Compact Linear Collider (CLIC) – 2018 Summary Report // CERN-2018-005-M. – V. 2/2018.
3. Navas S. and others, Review of Particle Physics // Phys. Rev. D – 2024. – V. 98, no. 11. – 030001.
4. Gulov A. and Moroz. Y., Optimal observables for Z' models in annihilation leptonic processes // Phys. Rev. D – 2018. – V. 98, no. 11. – 115014.