

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного наукового центру
«Харківський фізико-технічний інститут»
доктору фізико-математичних наук,
провідному науковому співробітнику
відділу квантово-електродинамічних
явищ та електродинаміки адронів ІТФ
ННЦ ХФТІ
Олексію НУРМАГАМБЕТОВУ

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника
відділу квантової електродинаміки сильних полів Інституту прикладної
фізики НАН України

Дяченка Михайла Михайловича

на дисертаційну роботу Трутня Івана Валентиновича

**«Поляризаційні ефекти в утворенні важких кварків при високих
енергіях»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 10 – «Природничі науки»

за спеціальністю 104 – «Фізика та астрономія»

1. Актуальність обраної теми дисертаційної роботи

Дослідження процесів утворення важких кварків та їх взаємодій є надзвичайно актуальними для поглиблення розуміння фундаментальних властивостей елементарних частинок. Зокрема, дослідження процесу електрон-позитронної анігіляції з народженням топ-кварків та їхнього розпаду при високих енергіях є актуальними через важливість для аналізу й опису сучасних експериментів із зіткнення заряджених частинок. Це зумовлює актуальність і практичну цінність теоретичного опису досліджуваного процесу для подальшого використання у майбутніх електрон-позитронних колайдерах, таких як Compact Linear Collider (CLIC), International Linear Collider (ILC) та Future Circular Collider (FCC).

Для опису процесу народження пари топ-кварків і їхнього розпаду на W -бозони і ботом-кварки доцільно використовувати методи квантової теорії поля та фізики елементарних частинок. Застосування ефективного лагранжіану дозволяє отримати перерізи процесів електрон-позитронної анігіляції при високих енергіях та розпаду топ-кварків, а також дає можливість розглянути поляризаційні ефекти, вплив аномальних взаємодій фотонів та Z -бозонів з топ-кварками на розподіли кінцевих частинок та порушення CP -симетрії. З огляду на зазначене вище, тема дослідження процесу народження топ-кварків з послідовним їх розпадом на основі лагранжіану ефективної теорії поля є **актуальною**.

Структура дисертації

Матеріал, наведений у дисертації, добре структуровано та викладено послідовно. Загальний обсяг роботи становить 125 сторінок. У **вступі** надано загальну інформацію про дослідження, сформульовано мету та завдання. У **першому** розділі розглянуто основні аспекти Стандартної Моделі (СМ), властивості топ-кварка, а також застосування ефективного лагранжіану для опису можливих відхилень від СМ у взаємодіях топ-кварка з калібрувальними бозонами. Також було розглянуто перспективи майбутніх електрон-позитронних колайдерів, таких як CLIC, які надають нові можливості для детального вивчення властивості топ-кварків та пошуку нової фізики. У **другому** розділі розглянуто процес анігіляції електрона та позитрона з утворенням пари топ-кварків при інваріантній енергії 380 GeV, яка планується на першому етапі колайдера CLIC. Розраховано компоненти поляризації топ-кварка з урахуванням ефектів взаємодії через $\gamma t t$ та $Z t t$ вершини, які виникають у рамках ефективної теорії поля. **Третій** розділ присвячено процесу електрон-позитронної анігіляції з подальшим розпадом топ-кварка на W -бозон та ботом-кварк. Отримано розподіли енергії та кута, енергетичні та кутові асиметрії, при різних значеннях аномальних констант зв'язку та знайдена залежність відповідних величин від інваріантної енергії електрон-позитронної пари. Зокрема, асиметрія вильоту ботом-кварка вперед-назад при енергії 380 GeV може досягати 10-20% при деяких значеннях констант зв'язку. Показано, що асиметрії мають максимум при енергії 650-850 GeV, а потім зменшуються, тоді як у СМ асиметрії повільно зростають з енергією e^+e^- і досягають приблизно

4% для енергетичної асиметрії та близько 60% для асиметрії вперед-назад, що становит значний інтерес для досліджень у майбутніх електрон-позитронних колайдерах. У **четвертому** розділі розглянуто проблему порушення CP-симетрії в процесі анігіляції електрон-позитронної пари, з утворенням пари топ-кварків та послідовним розпадом на W-бозони та боттом-кварки з використанням наближення вузької ширини. Були розраховані спостережувані на експериментах величини, такі як, асиметрія енергетичного розподілу ботом та анти-ботом кварків та різниця їх середніх енергій, які дають можливість отримати ефекти порушення CP-інваріантності. Робота завершується **висновками**, які відображають основні результати дослідження. Також наявний **перелік джерел посилання**.

2. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертації полягає у наступному:

1. Вперше встановлено залежність компонент векторів поляризації топ-кварків від кута розсіювання з врахуванням аномальних зв'язків γ_{tt} та Z_{tt} .
2. Вперше запропоновано метод аналізу енергетичних і кутових розподілів боттом-кварків з урахуванням CP-порушуючих та CP-зберігаючих ефектів.
3. Вперше досліджено вплив аномальних взаємодій на асиметрії енергетичних розподілів боттом-кварків та на кутову асиметрію.
4. Вперше виявлено залежність асиметрій, що виникають завдяки CP-порушенню, від інваріантної енергії електрон-позитронної пари.

3. Достовірність і обґрунтованість наукових положень, сформульованих у дисертаційній роботі

Наукові результати дисертації є **достовірними та обґрунтованими**, тому що отримані на основі загально визнаних теорій – квантової теорії поля та фізики елементарних частинок. У роботі наведено умови застосування використаних наближень. Отримані результати відповідають концепціям сучасної фізичної теорії.

4. Повнота викладення наукових положень, висновків і результатів в опублікованих працях, апробація результатів роботи

Результати дисертації опубліковані у трьох наукових статтях. Також результати доповідалися на міжнародних і вітчизняних наукових конференціях. Публікації прямо пов'язані з темою дисертації і розкривають її зміст. Положення і висновки дисертації обґрунтовані на основі особистих досліджень автора та відображені в його публікаціях. Зазначено, що автор брав безпосередню участь у дослідженнях. Наукові положення, висновки і результати дисертації **повно викладені** в опублікованих працях здобувача, які відповідають встановленим вимогам.

5. Теоретичне та практичне значення одержаних результатів

Отримані наукові результати є цікавими з теоретичної точки зору тим, що на основі ефективного лангренжіана з застосуванням наближення вузької ширини, розглянуто процес утворення пари топ-кварків через анігіляцію електрона та позитрона з послідовним їх розпадом на W-бозони та ботом-кварки з врахуванням CP-порушуючих та CP-зберігаючих аномальних взаємодій. Проведено аналіз енергетичних і кутових розподілів ботом-кварків та запропоновані способи дослідження ефектів нової фізики за допомогою асиметрії за енергією та кутами вильоту ботом-кварків. Розроблені методи та отримані результати можуть бути підґрунтям для майбутніх експериментів на прискорювачах заряджених частинок, зокрема, на таких колайдерах, як CLIC, ILC, FCC та для виявлення нової фізики за межами Стандартної Моделі. Результати роботи сприятимуть глибшому розумінню фундаментальних взаємодій у фізиці елементарних частинок.

6. Відповідність вимогам академічної доброчесності

У дисертації викладено нові результати. Посилання на використані джерела зроблено належним чином. Дисертацію написано самостійно, про що зокрема свідчать результати перевірки тексту роботи на плагіат.

7. Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи

На основі тексту дисертації можна виділити наступні дискусійні положення та зауваження:

1. У виразі 1.4 для ефективного лагранжіана входить енергетичний масштаб нової фізики Λ , але не зазначено його значення, яке використовувалося при розрахунках і не обговорено спосіб його отримання.
2. В роботі досліджується поляризація народжених топ-кварків, але не зазначається, яка поляризація вихідних електрона та позитрона і не обговорюється можливість дослідження впливу поляризації початкових частинок на поляризацію топ-кварків.
3. У вступі роботи вказано, що аналітичні розрахунки доповнювалися чисельними методами, але у тексті дисертації не зазначено які саме чисельні методи використовувалися.
4. В другому розділі розглядається процес утворення топ-кварків через анігіляцію електрон-позитронної пари при фіксованій інваріантній енергії 380 GeV, доцільно також було дослідити як будуть змінюватися поляризації топ-кварка при збільшенні енергії з врахуванням аномальних зв'язків γtt , $Z tt$.

У тексті дисертації зустрічаються граматичні та стилістичні помилки, зокрема, на рис. 4.2 анти-кварки не позначенні відповідним чином, в деяких місцях присутня некоректна побудова речень.

Зроблені зауваження не впливають на загальну високу позитивну оцінку роботи, не зменшують вагомості та цінності отриманих при її виконанні наукових результатів.

8. Загальні висновки

Дисертація Трутня І.В. є завершеною науковою роботою. Тема роботи є актуальною. Зміст дисертації відповідає спеціальності 104 – «Фізика та астрономія». Розділи роботи розкривають тему і відповідають меті дисертації. Поставлені на початку роботи задачі розв'язано та висвітлено у відповідних розділах. Отримані результати проілюстровано графіками. Результати обґрунтовано з позиції математичної теорії та фізичних міркувань.

Представлені в роботі наукові результати є новими та актуальними, мають науково-практичну цінність, яка полягає в можливості їх використання для постановки експериментів з дослідження народження топ-кварків та їхнього розпаду у процесах електрон-позитронної анігіляції при високих енергіях. Отримані аналітичні вирази є наочними та добре ілюструють закономірності, пов'язані з поляризаційними ефектами, порушенням CP-симетрії, а також впливом аномальних взаємодій фотонів та Z-бозонів з топ-кварками на розподіли кінцевих частинок. Дисертаційна робота виконана на високому рівні, не містить плагіату.

Дисертація відповідає вимогам, сформульованим у «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Вважаю, що Іван Валентинович Трутень заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 104 – «Фізика та астрономія».

Офіційний опонент,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник відділу
квантової електродинаміки сильних полів
Інституту прикладної фізики НАН України

Михайло ДЯЧЕНКО

Підпис опонента
старшого наукового співробітника відділу
квантової електродинаміки сильних полів,
к.ф.-м.н. М.М. Дяченка засвідчую.

Учений секретар Інституту прикладної
фізики НАН України, к.ф.-м.н., с.н.с.



Олексій ВОРОШИЛО

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 13:15:05 09.11.2024

Назва файлу з підписом: Відгук Дяченка [КЕП].pdf
Розмір файлу з підписом: 3.2 МБ

Назва файлу без підпису: Відгук Дяченка [КЕП].verified.pdf
Розмір файлу без підпису: 3.2 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ДЯЧЕНКО МИХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧ

П.І.Б.: ДЯЧЕНКО МИХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 3218219010

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 15:13:36
08.11.2024

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000006619940127A29C05

Тип носія особистого ключа: ЗНКІ криптомодуль ІІТ Гряда-301

Серійний номер носія особистого ключа: 014

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Кваліфікований

Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CADES enveloped)

Формат підпису: З позначкою часу від ЕП (CADES-T)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.10.11 13:00