

ВІДГУК

ДНУ
Кітський № 86-572-434
"12" 12 2017 р.

офіційного опонента на дисертацію Гулова Олексія Володимировича
«Сигнали Z' бозона в сучасних та майбутніх експериментах з фізики високих енергій» на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

Актуальність теми дисертації та новизна отриманих результатів. Сучасні експерименти на прискорювачах високих енергій характеризуються комплексними та складними програмами досліджень, які вміщують велику кількість питань, пов'язаних з різними розділами фізики елементарних частинок. Це зумовлено тим, що запуск нового потужного колайдера – подія щонайменше десятиріччя для всієї фундаментальної фізики, і такий експеримент визначає проблеми та тренди розвитку теоретичної фізики на багато років вперед. Зараз фізика елементарних частинок перебуває під знаком Великого гадронного колайдера в Європейській організації ядерних досліджень, який у 2012 р. відкрив довгоочікувану частинку Хіггса і в 2015 р. досягнув рекордної енергії зіткнення протонів – 13 ТеВ. Очікується, що в разі існування нових частинок із масами в декілька ТеВ, що передбачаються різними теоретичними моделями (велике об'єднання взаємодій, додаткові розмірності простору, суперсиметрія тощо), цей експеримент зможе зафіксувати їх серед продуктів зіткнень протонів. Для подальшого точного вимірювання властивостей нових частинок планується побудувати електрон-позитронний прискорювач з енергією в системі центра мас до 1 ТеВ. Один з таких проектів зараз перебуває на стадії вибору місця розташування та пошуку фінансування, зокрема, стосовно нього ведуться перемовини з урядом Японії. Таким чином, гадронні та лептонні колайдери надвисоких енергій історично працюють за чергою, доповнюючи експериментальну картину у фізиці елементарних частинок. Розробка методів пошуку нових частинок як в гадронних, так і в лептонних реакціях є однією з ключових проблем фізики високих енергій, яка має довгу історію та широко представлена в літературі. Саме цій проблемі присвячено дисертацію Гулова О.В. «Сигнали Z' бозона в сучасних та майбутніх експериментах з фізики високих енергій», що робить це дослідження актуальним.

Пошуки гіпотетичного важкого нейтрального векторного бозона (Z' бозона) стали невід'ємною частиною завдань експериментів ще з часів Великого електрон-позитронного прискорювача на межі ХХІ сторіччя. У той час був вироблений так званий модельний підхід – сформований пул з моделей великого об'єднання взаємодій на основі калібрувальної групи E_6 , до якого пізніше залучили моделі з додатковими розмірностями простору та декілька екзотичних моделей, а експериментальні зусилля спрямовувалися на детектування маси частинки. Чітких сигналів Z' бозона в цьому підході виявлено не було, тому історія пошуку в публікаціях експериментальних груп виглядає як еволюція нижньої можливої границі для маси частинки від початкових 400 ГеВ до теперішніх 3,5 – 4 ТеВ. Більш того, експерименти на гадронних прискорювачах концентруються на пошуках вузького резонансу Z' бозона як найбільш простому та органічному сценарію відкриття цієї частинки, тоді як інші методи лишаються поза увагою. У цьому контексті запропоновані в дисертації спостережувані для нерезонансних пошуків Z' бозона є новими. Новою та перспективною є ідея про виділення та посилення сигналу через врахування кінематичних властивостей процесу розсіювання, а також про експериментальне вимірювання констант взаємодії замість їх фіксації в конкретній моделі великого об'єднання взаємодій. Особливо перспективними можуть виявитися спостережувані для пошуку сигналів Z' бозона для лептонних прискорювачів майбутнього – Міжнародного лінійного колайдера або Компактного лінійного колайдера, оскільки ці прискорювачі не зможуть народити частинки з масою вище енергій зіткнення порядку 1 ТеВ, а настільки легкий Z' бозон вже є малоймовірним.

У зв'язку з відкриттям бозона Хігса актуальним питанням є дослідження властивостей скалярного сектора стандартної моделі елементарних частинок, зокрема фазового переходу, пов'язаного зі спонтанним порушенням симетрії. У цьому питанні дослідження роду фазового переходу в скалярній моделі, представлені в дисертації, є актуальним і новим результатом.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Результати дисертації добре обґрунтовані та можуть вважатися достовірними. При обчисленні перерізів розсіювання для

лептонних процесів враховано необхідні радіаційні поправки для так званих «реалістичних спостережуваних» та вказані можливі систематичні похибки. Застосування партонної моделі та К-фактора для гадронних зіткнень є загально визнаною практикою. Кореляція між результатами, отриманими з різних процесів розсіювання та за допомогою різної обробки даних також свідчить про правдоподібність висновків, зроблених у дисертації. Методи комп'ютерного моделювання Монте-Карло при дослідженнях скалярного поля на решітці відповідають сучасній літературі.

Практичне застосування дисертаційної роботи насамперед пов'язано з майбутніми лептонними прискорювачами (Міжнародний лінійний колайдер, Компактний лінійний колайдер), для яких фактично запропонована додаткова до традиційної програма обробки даних з метою виділення та детектування Z' бозона. Слід відмітити добре структуровані та зручні для практичного використання висновки щодо констант взаємодії Z' бозона зі струмами лептонів та кварків, вимірених за даними минулих та сучасних експериментів, які можуть використовуватися в різних теоретичних обчисленнях стосовно впливу Z' бозона на ті чи інші процеси з елементарними частинками. Висновки щодо залежності роду фазового переходу в скалярній моделі від константи взаємодії можуть бути використані при дослідженнях фазових переходів у ранньому Всесвіті, а також у фізиці конденсованого стану.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях. Результати дисертації повною мірою викладено у відповідних публікаціях: статтях, які пройшли реферування в провідних міжнародних або в фахових вітчизняних виданнях, матеріалах конференцій та додаткових публікаціях. Автореферат вірно відображає зміст дисертації, основні ідеї, методи досліджень та висновки. Дисертація та автореферат є цілісними завершеними роботами, добре структуровані та оформлені.

Дисертаційна робота й автореферат містять наступні дискусійні положення, зауваження та недоліки:

1. У розділі 2 введено спостережувані для лептонних процесів, які є перерізами розсіюваннями, проінтегрованими з певною ваговою функцією за кутом розсіювання. У літературі популярними є спостережувані типу асиме-

трії вперед-назад, тобто перерізи по відношенню до повного перерізу розсіювання. Чи розглядалась можливість використовувати асиметрії замість перерізу розсіювання і чи може застосування асиметрії покращити результати застосування запропонованих спостережуваних?

2. У розділі 3 розглядаються спостережувані для процесу розсіювання електрона на позитроні, які фактично використовують інтегрування за кутом розсіювання зі ступінчастими функціями. З іншого боку, для анігіляційних процесів в розділі 2 показано, що ступінчасті вагові функції не є найефективнішими з точки зору посилення сигналу. Із чим пов'язана відсутність максимального посилення сигналу для розсіювання електрона на позитроні і чи можна її реалізувати?

3. Які перспективи практичного застосування спостережуваних для процесу анігіляції протона й антипротона (розділ 4) до даних експерименту Теватрон? Було б цікаво отримати виміряні значення констант взаємодії Z' бозона, а не лише методику обробки даних.

4. У розділі 5 використано результати обробки даних щодо пошуків резонансу Z' бозона на Великому гадронному колайдері при 8 ТеВ. Чи можуть бути корисними дані при менших енергіях і як вони можуть вплинути на результат?

5. У чому полягає перешкода реалізувати повну багатокomпонентну скалярну модель на ґратці в розділі 6 та дослідити температурний фазовий перехід замість того, щоб розглядати ефективну модель порушеної фази при нульовій температурі? На перший погляд, таке дослідження було б логічним продовженням розділу 6.

6. Малюнки 2.7 і 2.9 в дисертації оформлені не дуже вдало: занадто малий шрифт та велика кількість подібних пунктирних ліній ускладнюють сприйняття.

7. У розділі 4 при інтегруванні тричі диференціального перерізу розсіювання для проміжних результатів використано позначення «сигма» з верхнім індексом, для фінальної спостережуваної – «сигма» із зіркою, а для факторів у перерізі розсіювання – «сигма» із нижнім індексом та «сигма» із капелюхом. Таке зловживання літерою «сигма» є недоцільним.

8. На малюнках у дисертації використовується англійська мова, а також позначення для одиниць вимірювання GeV і TeV без пояснень у тексті, тоді як в самому тексті – лише українські GeB і TeB. При цьому деякі з цих малюнків виникають в авторефераті вже з українськими позначеннями.

Однак, наявність недоліків та дискусійні питання не змінюють загальне позитивне враження від дисертації, яка є актуальною і завершеною роботою з новими, достовірними та практично значущими результатами. Дисертація Гулова Олексія Володимировича «Сигнали Z' бозона в сучасних та майбутніх експериментах з фізики високих енергій» відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. зі змінами, затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р. та № 1159 від 30 грудня 2015 р., а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

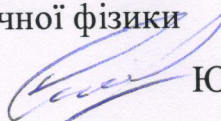
Офіційний опонент,

доктор фізико-математичних наук, професор,

головний науковий співробітник відділу фізики

високих густин енергії Інституту теоретичної фізики

імені М. М. Боголюбова НАН України



Ю.М. СИНЮКОВ

Підпис Ю.М. Синюкова засвідчую.

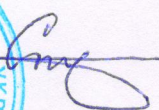
Т.в.о. вченого секретаря

Інституту теоретичної фізики

ім. М. М. Боголюбова НАН України

канд. фіз.-мат. наук

«22» 11 2017 р.



І.О.СТАРОДУБ