

Рецензія

на дисертацію на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 104
«Фізика та астрономія» Дмитрієва М.С. «Опис сигналів широких важких
резонансів методами ефективних лагранжіанів»

Стандартна модель елементарних частинок є загальноприйнятою в сучасній фізиці, однак вона не здатна пояснити низку явищ, які спостерігаються у Всесвіті за допомогою сучасних засобів. Тому важливим напрямком розвитку сучасної фундаментальної фізики є пошук нових елементарних частинок – розширення Стандартної моделі. Для експериментальних досліджень необхідно мати уявлення про можливі параметри частинок і їх взаємодії з відомими частинками. З'ясувалося, що для важких частинок, сильно взаємодіючих з іншими полями розширеної моделі, виникають широкі резонанси в спектрах інваріантних мас кінцевих станів процесів розсіювання, що унеможливорює прямий пошук. Тому актуальним питанням є методи непрямого пошуку. Саме такі шляхи розглядаються в дисертації Дмитрієва М.С. у рамках узагальненої моделі Юкави, де присутні легке та важке скалярні поля і дублет легких ферміонів. Сигнал частинки нової фізики можна описати за допомогою ефективного лагранжіана в границі низьких енергій. У роботі показано, що низькоенергетичний лагранжіан досить точно описує процеси розсіювання, якщо константи взаємодії скалярних полів із легкими ферміонами малі. Виявилось, що такий лагранжіан дає хороше наближення для побудови спостережуваних величин, якщо можна нехтувати радіаційними поправками до параметрів важкого бозона та його однопетльовим змішуванням із легкими скалярними полями. Наступним предметом дослідження стали ефекти, що виникають у границі відщеплення важких частинок у популярній моделі нової фізики з двома гіггсівськими дублетами. Для варіанту моделі, що дозволяє порушення CP-парності, було побудовано ефективний лагранжіан. Ця модель відповідає гіпотезі про існування п'яти скалярних резонансів, причому найлегша з частинок асоціюється з відкритим у 2012 році бозоном Гіггса. За вимірюванням потенціалу легкого скалярного поля в лагранжіані мо-

жна визначити належність цієї частинки до одно- чи дводублетної моделі, а за шириною розпаду зазначеного бозона у CP-непарні стани – застосовність однодублетної моделі. Зі спостережень процесу народження двох бозонів Гітса на Великому гадронному колайдері можна робити висновки про обмеження на коефіцієнти ефективного лагранжіана та про чинність розширеної Стандартної моделі. Отже, результати дисертаційної роботи актуальні для визначення шляхів експериментального пошуку нових частинок на сучасних прискорювачах і сприяють поглибленню розуміння світобудови й еволюції Всесвіту.

Робота над дисертацією велась у рамках держбюджетних науково-дослідних робіт, які виконувались на кафедрі теоретичної фізики Дніпровського національного університету ім. Олеся Гончара: «Нові стани матерії та ефективні взаємодії в експериментах на Великому гадронному колайдері» (№ держреєстрації 0119U100767, термін виконання 01.01.2019 – 31.12.2021) і «Дослідження процесів в екстремальних умовах у Всесвіті та сучасних фізичних експериментах» (№ держреєстрації: 0122U001398, термін виконання 01.2022 – 12.2024). Внесок молодого вченого у виконання завдань тем був вагомим: публікація 3 статей у фахових журналах, у тому числі 1 – в «Українському фізичному журналі», індексованому у Scopus і WoS, тез 9 міжнародних і Всеукраїнських наукових конференцій із очною участю в них. Таким чином, результати дисертації широко апробовані. Дисертант виявляв велику самостійність. Усі результати, що винесені на захист, отримані здобувачем особисто. Ідеї, засади та методи вирішення наукових задач, а також напрямки проведення досліджень обговорювались з науковим керівником, професором Скалозубом В.В.

Назвемо нові наукові результати, викладені в дисертації:

- на прикладі узагальненої моделі Юкави показано, що метод прямого пошуку резонансів нових частинок незастосовний для частинок, важчих за частинки Стандартної моделі, чи сильно взаємодіючих із сектором Стандартної моделі чи полями розширеної моделі;
- доведено, що ефективні лагранжіани не варто застосовувати для опису сигналів нових важких частинок при низьких енергіях, якщо існує значна взаємо-

дія у секторі Стандартної моделі або між новими станами матерії та частинками Стандартної моделі; вперше визначено інтервали мас і констант взаємодії моделі нової фізики, для яких петльові поправки до параметрів важких станів від віртуальних частинок легкого сектору суттєві при низьких енергіях, оцінено їх внесок у різних сценаріях;

— отримано явний вираз низки вершин ефективного лагранжіана з двома гіггсівськими дублетами та порушенням CP-парності, що дало можливість з'ясувати прояви взаємодій з новими важкими частинками з розширення Стандартної моделі в області відщеплення важких скалярних полів.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, мають велике практичне значення, оскільки відкривають шлях до правильного опису низькоенергетичних сигналів нових частинок, передбачених моделлю з двома гіггсівськими дублетами, а експериментальний пошук таких частинок зараз відіграє ключову роль у виборі сценарію нової фізики.

Дисертант виявив гарне володіння методами квантової теорії поля, наукову ерудицію, глибоке знання математичного апарату, програмування, вправне використання комп'ютерних методів дослідження та презентації його результатів. Сам виклад і оформлення зробленого вимагали величезних зусиль. Робота дає стисле, але енциклопедичне охоплення методів квантової теорії поля, які працюють у побудові нової фізики. Дисертація зроблена вельми акуратно, а невеликі мовні огріхи (невдалий вибір синонімічних слів, неточності у закінченні родового відмінку, написання деяких іноземних прізвищ) ніяк не знижують її наукової цінності.

Враховуючи актуальність, новизну та обґрунтованість отриманих автором наукових результатів, вважаю, що дисертаційна робота «Опис сигналів широких важких резонансів методами ефективних лагранжіанів» повністю відповідає всім вимогам, передбаченим «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44,

зі змінами внесеними згідно з постановою КМУ від 21 березня 2022 р. № 341, та “Положенням про порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради про присудження ступеня доктора філософії у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара (нова редакція)”, а її автор, Дмитрієв Микита Сергійович, заслуговує на присудження йому науково-освітнього ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Рецензент

кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри теоретичної фізики
факультету ФЕКС ДНУ



Сергій ЛЯГУШИН

Підпис засвідчую.

Проректор з наукової роботи



Олег МАРЕНКОВ