

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 описує усі відомі елементарні частинки та усі взаємодії між ними, крім гравітаційної. Разом з тим, вона не в змозі пояснити низку явищ природи, зокрема наявну асиметрію між кількостями речовини та антиречовини, походження і склад темної матерії і походження мас нейтрино. Усі ці явища спостерігаються в сучасних експериментах, а їх розуміння є необхідним для пояснення еволюції Всесвіту та взаємодій у ньому. Тому одним з важливих напрямків розвитку фундаментальної фізики є пошук нових елементарних частинок що розширюють Стандартну модель. Для проведення експериментальних досліджень необхідно мати уявлення про можливі параметри цих частинок та їх взаємодії з відомими полями. В дисертаційній роботі показано, що для важких частинок, які сильно взаємодіють з іншими полями розширеної моделі, в спектрах інваріантних мас кінцевих станів процесів розсіювання виникають широкі резонанси, що ускладнює їх прямий пошук. Тому на даний момент актуальним є застосування методів непрямого пошуку. В контексті непрямого пошуку сигналів нової фізики у роботі обговорюється застосовність опису таких сигналів за допомогою низькоенергетичного ефективного лагранжіану. Автором доведено, що такий метод опису застосовний у сценаріях, де петльові поправки від взаємодій із частинками Стандартної моделі малі. Це новий вагомий результат. Далі автором було розглянуто модель із двома хіггсівськими дублетами із невеликим порушенням збереження CP-парності. Ця модель цікава тим, що передбачає існування п'яти скалярних резонансів. Чотири з них дуже важкі, а п'ятий має масу приблизно 125 Гев, та може бути скалярним станом, виявленим у 2012 році в експериментах на LHC. Важкі скалярні поля при цьому відщеплюються при енергіях порядку маси найлегшого скалярного бозону. Для

цієї моделі автором вперше обчислено вершини низькоенергетичного ефективного лагранжіану, що описують взаємодії ферміонів та легкого скаляру у границі відщеплення важких полів. Використовуючи явний вигляд цього лагранжіану, автором визначено спостережувані величини, вимірюючи які можна перевірити застосовність моделей з одним і двома хіггсівськими дублетами. Так, у цих двох моделях скалярного сектору відрізняються співвідношення коефіцієнтів біля вершин самодії легкого скалярного поля. Крім того, в розглянутій автором розширеній моделі останнє не має визначеної CP-парності, на відміну від одnodублетної моделі, де це поле CP-парне. Отже, якщо ймовірність його розпаду у CP-непарні стани суттєво ненульова, тоді одnodублетна модель не придатна для опису скалярного сектору. Цей результат важливий та новий. Насамкінець, в отриманому здобувачем ефективному лагранжіані містяться вершини, що дають внесок в імовірність народження двох легких скалярних частинок. Це відкриває можливість обчислити обмеження на параметри ефективного лагранжіану і самої дводублетної моделі, використовуючи результати теперішніх експериментів на LHC та не спостерігаючи безпосередньо важких скалярних резонансів. Перераховані результати цієї дисертації визначають область застосовності сучасних методів пошуку нових важких частинок за межами Стандартної моделі та пропонують експериментальні сигнали, за якими можна було б виявити останні. Тому отримані здобувачем наукові результати є вагомими та актуальними.

Дослідження за цією дисертацією проводилися в контексті держбюджетних науково-дослідних тем на кафедрі теоретичної фізики ДНУ ім. Олеся Гончара. Результатами роботи Микити Сергійовича Дмитрієва стали публікації трьох статей у фахових наукових журналах. З них дві статті було опубліковано у виданні категорії "Б", а ще одну – в журналі, що індексується в базі Scopus. Крім того, автор дисертації брав активну очну участь у всеукраїнських та міжнародних конференціях із доповідями за матеріалами своєї дисертаційної роботи. За підсумками цієї участі було опубліковано дев'ять тез, тому результати дослідження є апробованими. Здобувач багато працював

над дослідженням самостійно, обговорюючи із науковим керівником д. ф.-м. н., проф. Скалозубом Володимиром Васильовичем формулювання і методи розв'язання наукових задач, а також напрям подальших досліджень.

Найважливіші нові наукові результати дисертації наступні:

- На прикладі узагальненої моделі Юкави було доведено, що прямий пошук резонансів нових станів матерії може бути незастосовний, якщо ці стани сильно взаємодіють з іншими полями розширеної моделі або є важчими ніж частинки Стандартної моделі;
- Для тієї ж узагальненої моделі Юкави було обчислено низькоенергетичний ефективний лагранжіан. Було показано, що він незастосовний для побудови спостережуваних величин процесів розсіювання у сценаріях, де радіаційні поправки від взаємодій з легкими полями моделі великі. Визначено інтервали параметрів останньої, в яких це справедливо;
- Вперше обчислено явні вирази для деяких вершин низькоенергетичного ефективного лагранжіану Стандартної моделі з двома хіггсівськими дублетами зі слабким порушенням збереження СР-парності у скалярному секторі. Ці вершини описують взаємодії ферміонів Стандартної моделі та легкого скалярного бозону масою 125 ГеВ. Визначено процеси розсіювання, у спостережуваних яких є суттєві внески важких скалярних полів дводублетної моделі, у границі коли ці поля відщеплюються.

Результати цієї дисертації є новими та актуальними в контексті сучасних пошуків станів матерії за межами Стандартної моделі. Отримані висновки дозволяють визначити сценарії експериментів, в яких сигнали нових важких частинок слід шукати непрямыми методами, та в яких ці сигнали найбільш значні.

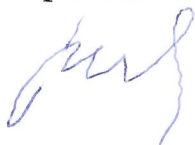
У дисертаційній роботі присутні незначні стилістичні недоліки, які, втім, не впливають на наукову цінність висновків дослідження.

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 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами внесеними згідно з постановою КМУ від 21 березня 2022 р. № 341, та «Положення 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)», затвердженого наказом ректора університету від 20 травня 2022 р. № 147, а її автор, Дмитрієв Микита Сергійович, заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Рецензент

доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри теоретичної фізики
факультету ФЕКС ДНУ

Валентин ГЛАДУШ



Проректор
з наукових
робот



Олег Марин