

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Мелихова Дмитрия Игоревича на диссертацию Краснова Игоря Вячеславовича на тему: «Перспективы поиска новой физики в экспериментах на фиксированной мишени нового поколения» по специальности 01.04.02 - «теоретическая физика», на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация Краснова Игоря Вячеславовича на тему: «Перспективы поиска новой физики в экспериментах на фиксированной мишени нового поколения» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН). Диссертация посвящена актуальной проблематике получения предсказаний чувствительности различных экспериментов к проявлениям Новой Физики, а также рассмотрению возможностей обобщения уже полученных ограничений на новые модели.

Поиск проявлений Новой Физики – одно из самых бурно развивающихся направлений в феноменологии физики частиц. Практически для всех строящихся экспериментов, предназначенных для изучения свойств частиц Стандартной Модели, также рассматриваются перспективы исследования и, при отсутствии сигнала, ограничения, тех или иных сценариев Новой Физики. Все эксперименты, рассматриваемые в работе: заточенный на поиск гипотетических тяжелых нейтральных лептонов завершившийся эксперимент PS191, работающий нейтринный эксперимент T2K, строящийся нейтринный эксперимент DUNE и находящийся в разработке эксперимент SHiP, – указывали в качестве своей мотивировки, в том числе, поиск физики за пределами Стандартной Модели. Поэтому, получение новых предсказаний ограничений для данных экспериментов, безусловно, является **актуальным**.

Для получения результатов, предоставляемых на защиту соискателем был написан оригинальный код и проведено моделирование процесса регистрации частицы Новой Физики от момента её рождения до момента распада или взаимодействия с веществом детектора. Все полученные предсказания и ограничения были либо получены впервые для данных экспериментов, либо учитывали критически важные изменения в дизайне эксперимента, произошедшие с момента получения последних предсказаний. Этим определяется **новизна** исследования.

Достоверность результатов подтверждается тем, что они получены с использованием хорошо установленных в физике высоких энергий методов моделирования событий рождения частиц и их регистрации в детекторах. Работы, в

которых получены представляемые к защите результаты, опубликованы в ведущих журналах в физике элементарных частиц.

Целью работы автора диссертации является:

1. Моделирование процесса рождения и регистрации различных частиц Новой Физики с учётом конструктивных особенностей рассматриваемых экспериментов.
2. Получение оценки чувствительности экспериментов SHiP и DUNE к параметрам смешивания и массам тяжёлых нейтральных лептонов.
3. Вычисление чувствительности эксперимента PS191 к параметрам легких скаляров.
4. Вычисление чувствительности эксперимента T2K к параметрам миллизаряженных частиц.

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и приложения. Объем работы составляет 135 страниц, включая 40 рисунков и 12 таблиц. Список литературы насчитывает 130 наименований.

Во Введении дается краткий обзор поднимаемых в работе проблем, обсуждается актуальность темы, её новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения об апробации работы, приводится список работ, вошедших в диссертацию.

Первая глава посвящена получению предсказаний ограничений на гипотетические тяжёлые нейтральные лептоны в экспериментах DUNE и SHiP. Приводится сопоставление текущих предсказаний, проводится моделирование процесса регистрации сигнала тяжёлых нейтронов в данных экспериментах. Приводятся результаты в виде областей в плоскости масса – угол смешивания, которые будут ограничены данными экспериментами. Обсуждается достоверность полученных результатов и различные предложения улучшения предсказаний.

Во второй главе проводится оценка ограничений на гипотетические лёгкие скаляры которые можно поставить из отрицательных результатов поиска тяжелых нейтральных лептонов в эксперименте PS191. Вслед за официальными ограничениями коллаборации в качестве источников частиц Новой Физики рассматриваются преимущественно каоны и пионы. В качестве сигнатуры обнаружения рассматриваются лишь некоторые распады, дающие те же дочерние частицы, что предполагались детектируемыми для распадов тяжелых нейтральных лептонов. Проведено моделирование процесса регистрации таких сигналов.

Третья глава посвящена получению предсказаний ограничений на гипотетические миллизаряженные частицы в новом ближнем детекторе эксперимента T2K и его приемнике эксперименте T2HK. Рассматривается сигнатура двойного взаимодействия частицы с веществом детектора, проводится моделирование, результат сравнивается с актуальными ограничениями других экспериментов.

В Заключении подводятся итоги и перечисляются основные результаты,

полученные в диссертации.

У меня нет замечаний по содержанию работы, но имеются стилистические замечания по представлению результатов:

- 1) Одним из понятий, используемых в работе, является понятие «тяжёлые нейтральные лептоны». В работе используется английская аббревиатура HNL, что обоснованно, но я не нашёл расшифровки этого понятия на русском языке.
- 2) В работе неоднократно используются формулировки «ограничения на стерильные нейтрино». Более правильно было бы сформулировать данные предложения как, например, «ограничения на массы и углы смешивания стерильных нейтрино». Такое же замечание относится и к обсуждению скалярных частиц.
- 3) При описании первого положения, выносимого на защиту, сказано, что «реализован метод оценки чувствительности экспериментов» и «напиан оригинальный численный код». На мой взгляд, такая формулировка не вполне понятно описывает данное положение.
- 4) Подписи к рисункам 33 и 39 не соответствуют самим рисункам. Содержание рисунков относится к первой главе.

Перечисленные недостатки, однако, не снижают высокой оценки данной диссертации.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями Положения о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года. Основные результаты диссертационной работы Краснова И.В. докладывались на международных конференциях и школах, опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science. Материалы диссертации со всей полнотой изложены в опубликованных работах автора. Следует подчеркнуть общий высокий уровень работы, актуальность и научная новизна которой не вызывают сомнений. **Автореферат отражает содержание диссертации.**

Диссертация Краснова Игоря Вячеславовича **«Перспективы поиска новой физики в экспериментах на фиксированной мишени нового поколения»** представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Краснов Игорь Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико–математических наук по

специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Отзыв составил ведущий научный сотрудник Лаборатории тяжелых кварков и редких распадов НИИЯФ МГУ, доктор физико-математических наук

_____ Мелихов Дмитрий Игоревич

31 июля 2022 года

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына (сокращенное название: НИИЯФ МГУ), 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2.

Тел.: +7 (964) 599 55 69

e-mail: dmitri_melikhov@gmx.de

Подпись Мелихова Дмитрия Игоревича удостоверяю

Зам. директора НИИЯФ МГУ по научной работе доктор физико-математических наук

_____ Еременко Дмитрий Олегович

Мелихов Дмитрий Игоревич – доктор физико-математических наук, специальность 01.04.16 - Физика атомного ядра и элементарных частиц.

Список основных публикаций по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. M. Ivanov and D.Melikhov, Theoretical analysis of the leptonic decay $B \rightarrow ll\nu$: Identical leptons in the final state, Phys. Rev. D105, 094038, 2022
2. M. Ivanov and D.Melikhov, Theoretical analysis of the leptonic decay $B \rightarrow ll\nu$, Phys.Rev. D105, 014028, 20223. D.Melikhov and S. Simula, Non-integrable threshold singularities of two-point functions in perturbation theory, Eur. Phys. J. Plus 136, 106, 2021
4. M. Ivanov, D.Melikhov, and S. Simula, Form factors for $B \rightarrow j_1 j_2$ decays into two currents in QCD, Phys. Rev. D101, 094022, 2020
5. A.Kozachuk and D.Melikhov, Revisiting nonfactorizable charm-loop effects in exclusive FCNC B-decays, Phys. Lett. B786, 378, 2018
6. A.Kozachuk, D.Melikhov, and N.Nikitin, Rare FCNC radiative leptonic $B_{s,d} \rightarrow \gamma l + l -$ decays in the Standard Model, Phys. Rev. D97, 053007, 2018