

**Отзыв научного руководителя на диссертационную работу
Краснова Игоря Вячеславовича «Перспективы поиска новой физики в экспериментах
на фиксированной мишени нового поколения»
на соискание ученой степени кандидата физико – математических наук по
специальности 01.04.02 «теоретическая физика».**

Открытие хиггсовского бозона Стандартной модели физики элементарных частиц при отсутствии каких-либо достоверных сигналов новой физики на Большом адронном коллайдере инициировало как среди теоретиков так и среди экспериментаторов волну интереса к моделям новой физики, предсказывающим существование легких частиц, с массами ниже электрослабого масштаба. Действительно, нейтринные осцилляции, загадка барионной асимметрии Вселенной, проблема темной материи и ряд других вопросов требует выхода за рамки Стандартной модели. При этом новые тяжелые частицы в общем случае через квантовые поправки сильно увеличивали бы массу хиггсовского бозона, что делает новые легкие частицы теоретически более предпочтительными. И конечно с экспериментальной точки зрения они также представляют повышенный интерес, поскольку дают надежду на их прямое рождение, например, в ускорительных экспериментах. Причём поиск можно вести как непосредственно в новых данных работающих установок, так и анализируя результаты прошлых экспериментов. Кроме того, важной задачей является оценка перспектив новых проектов по поиску таких частиц и исследованию их свойств.

Представленная на соискание степени кандидата физико-математических наук диссертация как раз посвящена феноменологическим исследованиям обобщений Стандартной модели с новыми легкими частицами. При этом акцент сделан на получение предсказаний для конкретных экспериментальных установок и даже проверку таких предсказаний посредством собственного анализа опубликованных экспериментальных результатов.

В первой главе диссертации рассматривается модель с легкими стерильными нейтрино, мотивированная возможностью объяснить появление ненулевых масс активных нейтрино через смешивание со стерильными. Такое смешивание возникает в моделях с фермионным порталом в скрытый сектор. Смешивание приводит к перспективе участия стерильных нейтрино в слабых процессах, а значит возможности быть рожденными частицами Стандартной модели и распадаться в известные нам частицы. Это позволяет проводить поиск стерильных нейтрино, и диссертант изучил такую возможность для ближнего детектора эксперимента DUNE (основная задача – исследование осцилляций активных нейтрино) и для проекта SHiP, оригинально предложенного именно с целью поиска стерильных нейтрино. До работ диссертанта в первом случае были только грубые оценки посредством масштабирования результатов прошлых экспериментов с учётом различия в интенсивности и энергии первичного протонного пучка, положения детекторов и их геометрии. Во втором случае не было оценок вклада в сигнал от распада каонов, что диссертантом выполнено впервые. Оба исследования опубликованы и активно цитируются в литературе. Оценка перспектив эксперимента DUNE была многократно проверена и уточнена в последующих работах нескольких независимых групп.

Во второй главе диссертации рассматриваются модели с гипотетическим легким скаляром, взаимодействующим с известными частицами посредством смешивания с бозоном Хиггса. Такой тип взаимодействия характерен для моделей скрытого сектора со скалярным порталом. Диссертант проанализировал результаты эксперимента PS191, проводившегося несколько десятков лет назад в CERN с целью обнаружения сигнала от стерильных нейтрино. Источником являлись каоны, образовавшиеся при рассеянии ускоренных протонов на мишени. Сигнальные события состояли из пар заряженных частиц, выходящих из одной

точки в пустом распадном объёме. Таких событий обнаружено не было, и эксперимент PS191 поставил ограничения сверху на угол смешивания стерильных и активных нейтрино, поскольку именно эта величина при данной массе стерильного нейтрино определяет и темп его рождения в распадах каонов и темп его распада в детекторе. Поскольку в точности такой же сигнал ожидается и в случае распадов гипотетических скалярных частиц, этот отрицательный результат был использован для получения ограничения сверху на величину смешивания скаляра и бозона Хиггса, ведь именно он и определяет темп распада каонов с рождением скаляра и темп распада скаляра в детекторе. Это закрыло ранее разрешённую область пространства модельных параметров, что важно для формирования физической программы следующего поколения экспериментов. Опубликованная работа получила за год десяток цитирований.

В третьей главе рассматривались модели с миллизаряженными частицами, предсказываемыми, например, в модификациях с дополнительными абелевыми группами в калибровочном секторе. Поискам таких частиц более сотни лет, и диссертантом изучалась перспективы таких поисков на новом ближнем детекторе эксперимента T2K (основная задача – исследование нейтринных осцилляций). В качестве сигнала предложено двукратное столкновение такой частицы в детекторе, каждое с выбиванием регистрируемого электрона. Источником миллизаряженных частиц являются распады мезонов, образуемых энергетичными протонами при рассеянии на мишени. В результате проведённого анализа было показано, что предлагаемая методика позволит исследовать довольно широкую область масс миллизаряженных частиц, недоступную предыдущим экспериментам. Опубликованная работа вызвала интерес в коллаборации T2K, которая планирует провести поиск миллизаряженных частиц.

Считаю, что диссертационная работа Краснова И.В. «Перспективы поиска новой физики в экспериментах на фиксированной мишени нового поколения» является замечательным примером теоретической работы в области физики элементарных частиц с прямым приложением к эксперименту. Полученные в ней результаты чётко обоснованы и востребованы научным сообществом. Во время этой работы диссертант сформировался как ответственный молодой учёный. Работа соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Считаю, что ее автор заслуживает ученой степени к.ф.-м.н. по специальности 01.04.02 «теоретическая физика».

Научный руководитель,

Д.ф.-м.н, г.н.с. ОТФ ИЯИ РАН
чл.-корр. РАН

Горбунов Д.С.

Подпись Горбунова Д.С. удостоверяю,

Зам. Дир. ИЯИ РАН

Рубцов Г.И.

30.05.2022 г.