

## Отзыв на диссертацию Беляева Н.Л.

«Эффекты СР-нарушения и аномальные взаимодействия в хиггсовском секторе», представленную на соискание учёной степени кандидата наук по специальности 01.04.23 – «Физика высоких энергий».

Диссертация Беляева Никиты Леонидовича посвящена актуальной проблеме физики высоких энергий: поиску отклонений от Стандартной модели (СМ), в частности, эффектам СР-нарушения и аномальным взаимодействиям в хиггсовском секторе.

Диссертация содержит введение, шесть глав и заключение. В первой главе приводится краткое описание установки АТЛАС, даётся краткое описание детектора, трековой и мюонной систем. Это облегчает понимание результатов, представленных в диссертации, которые связаны с экспериментами, проводимыми на этой установке.

Вторая глава содержит изложение основных принципов СМ: глобальная и локальная калибровочная симметрии, теорема Голдстоуна, механизм Хиггса и его роль в спонтанном нарушении электрослабой симметрии, ведущей к генерации масс элементарных частиц.

В третьей главе приводится описание Эффективной теории поля в физике элементарных частиц: принципы построения и основные свойства эффективных Лагранжианов.

Фактически, все три первые главы — это вводная часть диссертации.

В четвёртой главе описываются математические методы моделирования, как общепринятые, так и новые, предлагаемые диссертантом, и их применение при обработке данных. В частности, был разработан метод определения допустимых значений параметров моделей (констант связи) для последующего получения не противоречащих эксперименту предсказаний теории, допустимые значения констант связи, используя метод Монте-Карло симуляции. Подобные вычисления проводились для случаев, соответствующих нынешним средним уровням точности экспериментального определения сечений в процессах рождения бозона Хиггса. Полученные результаты многократно использовались ранее и используются в настоящее время членами коллаборации в ходе проведения исследований. Главный, привлекающий к себе внимание результат, представленный в четвёртой главе — это метод «расширенного морфинга», в котором наряду с основными базовыми элементами используются дополнительные элементы, позволяющие увеличить эффективность моделирования сигнала.

Пятая глава содержит описание разработанных методов поиска аномальных взаимодействий в хиггсовском секторе, исследуется потенциальная возможность поиска эффектов СР-нарушения в процессе распада бозона Хиггса на четыре лептона. Проведённый Монте-Карло анализ данных позволил получить ограничения на параметры феноменологической модели с учётом влияния фоновых событий, адронизации конечного состояния и упрощённого учёта детекторных эффектов установки АТЛАС. В пятой главе также разрабатывается метод поиска эффектов СР-нарушения в процессе распада бозона Хиггса на пару тау-лептонов. Рассматриваются адронные моды распадов тау-лептонов в пару  $\rho$  или  $\pi$ -мезонов с дополнительными нейтрино. В ходе исследования были построены расчётные распределения по специальным угловым кинематическим переменным, демонстрирующим чувствительность к значению СР-чётности бозона Хиггса. Также впервые были получены расчётные распределения для смешанных СР-состояний бозона Хиггса. Разработанная расчётная методика может быть использована



для экспериментального определения СР-свойств нового резонанса, если таковой будет обнаружен.

В шестой главе разрабатываются методы повышения эффективностей анализов данных, получаемых на ускорителе БАК. Для проведения эффективного разделения каналов  $ggF$  и  $VBF$  был разработан универсальный программный пакет классификации под названием FSClassifier, основанный на использовании технологии BDT для глубокой классификации данных. Особенность разработанного пакета состоит в том, что он позволяет осуществлять полную цепочку статистического анализа процесса — начиная с автоматической генерации кинематических переменных и заканчивая построением кривых ошибок полученного классификатора.

Наконец, в заключении приводятся основные результаты диссертации.

Результаты по теме диссертации представлены в 13 публикациях, из которых 5 — в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК, 4 — тезисы докладов, представленных на международных и российских конференциях, 3 — в публичных статьях коллаборации ATLAS, 1 — в монографии.

Результаты, представленные в диссертации Беляева Н.Л., чрезвычайно актуальны в связи с проводимыми и планируемыми экспериментами на ускорителе БАК. Они имеют практическую ценность и активно применяются при обработке данных и планировании новых измерений. Диссертация написана ясным языком, за исключением мелких замечаний:

1. Вторая и третья главы — описание теории — написаны слишком подробно и их объём занимает значительное место по сравнению с другими главами, где приводятся основные результаты исследования.
2. В списке публикаций по теме диссертации в пункте [7] приводится внутренняя Нота коллаборации АТЛАС, которая не является публичной и к которой доступ открыт только для членов коллаборации. Поэтому эту публикацию лучше не представлять в списке литературы.

Однако приведённые замечания несколько не принижают достоинства диссертации. Диссертант Беляев Никита Леонидович является высококвалифицированным физиком-экспериментатором. Рассмотренная диссертация удовлетворяет всем требованиям, которые ВАК РФ предъявляет к кандидатским диссертациям, а её автор Беляев Никита Леонидович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 — «Физика высоких энергий».

#### Отзыв составил

Главный научный сотрудник Лаборатории ядерных проблем  
им. В.П. Дзелепова, ОИЯИ,  
ул. Жолио-Кюри 6, 141980, г. Дубна Московская обл., Россия,

Тел.: 8 (49621) 63831

e-mail: [Gennady.Lykasov@cern.ch](mailto:Gennady.Lykasov@cern.ch)

профессор, доктор физико-математических наук

/ Лыкасов Геннадий Иванович /

10.11.2020 г.

Подпись Г.И. Лыкасова заверяю



ученый секретарь ЛЯП И.В. Титкова