

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора
Национального

исследовательского ядерного

университета «МИФИ»

Д.Ф.М.н., профессор

О.В. Нагорнов

06 2019 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» на диссертацию Степаненко Юрия Юрьевича «Методы увеличения эффективности регистрации редкого распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ в эксперименте E391a», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация Степаненко Ю.Ю. посвящена разработке и созданию методики для эффективной обработки экспериментальных данных, полученных с установок, предназначенных для проведения измерений с целью получения новой информации, необходимой для решения современных проблем физики частиц.

Актуальность темы диссертации обусловлена тем, что исследование механизмов нарушения CP-инвариантности имеет важнейшее значение для прецизионной проверки предсказаний Стандартной Модели (СМ) – современной теории строения и взаимодействий элементарных частиц. Эффект CP-нарушения в СМ объясняется наличием комплексной фазы в матрице Кабиббо-Кобаяши-Маскавы (матрица КKM), содержащей параметры смешивания кварков разных поколений. Определение параметров этой матрицы в экспериментах - является важной задачей физики высоких энергий, так как CP нарушение является одним из

возможных объяснений барионной асимметрии Вселенной. Новые физические результаты в этой области исследований связаны с открытием редких распадов, нарушающих CP-чётность, а чувствительность к ним сильно зависит от совершенствования методик обработки данных и подавления фоновых процессов. Таким образом, тема диссертации Степаненко Ю.Ю., несомненно, соответствует современному направлению развития физики атомного ядра и элементарных частиц.

Значимость выполненной работы определяется **новыми** решениями при разработке и создании методов для регистрации редкого CP-нарушающего распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$, так и важными результатами, полученными при апробации новых методов.

Степаненко Ю.Ю. разработал и реализовал **новый** метод восстановления угла попадания γ -квантов в калориметр экспериментальной установки E391a, позволивший усилить разделение событий искомого распада и фоновых событий. Также им разработан метод оптимизации критериев отбора событий, позволивший в автоматическом режиме на основе эволюционных вычислений получить наибольшую эффективность регистрации изучаемого процесса. Показано, что в результате применения описанных методик, чувствительность исследования по регистрации распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ возросла на 65%.

Достоверность полученного результата по регистрации распада обусловлена согласием с данными ранее выполненных экспериментов и результатами обработки набора данных 2-го сеанса эксперимента E391a. Проверка разработанных методов на событиях Монте-Карло моделирования говорит о работоспособности методов.

Новизна представленных методов обусловлена совокупностью подходов: применением методов машинного обучения, включающих использование нейронных сетей, для восстановления угла попадания γ -квантов в калориметр экспериментальной установки E391a, а также

1

применения генетического программирования для оптимизации критериев отбора событий. Доказано, что использование каждого из методов увеличивает чувствительность исследования по регистрации распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ (35% и 10% соответственно) на установках типа E391a, а совместное использование приводит к их синергии и эффективность регистрации увеличивается на 65%. Возможность использования данных методов на похожих установках, например, в эксперименте КОТО свидетельствует о **практической значимости** разработанных методов.

Замечания.

1. Номера ссылок на источники в тексте начинаются с 10, а не с 1, как это принято.
2. В главе 3 уделено большое внимание способам подавления экспериментальных фонов, однако, не описано, как они в итоге оценивались в сигнальной области.
3. В главе 4 не уделено внимание возможной проблеме переобучения нейронной сети и тому, как решалась эта проблема в данной работе.
4. В главе 4 не показано насколько хорошо моделирование описывает данные для переменных, использовавшихся как входные в нейронную сеть.
5. На странице 84 два рисунка имеют номер 4.6, что делает неверным всю последующую нумерацию рисунков.
6. Можно отметить, что глава 5 перегружена информацией о том, как отличить генетическое программирование от метода генетических алгоритмов, при этом не раскрывает полностью саму суть данного вида программирования, не являющегося широко применимым в научном сообществе.

7. Автору следовало более аккуратно подойти к редактированию диссертации и избежать заметного числа опечаток.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы. В целом диссертация Степаненко Ю.Ю. является законченным исследованием, выполненным на высоком научном уровне и свидетельствующем о высокой квалификации автора.

Основные результаты диссертации доложены на конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в ведущие базы данных WoS и Scopus. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Материалы диссертации могут быть рекомендованы к использованию в НИЯУ МИФИ, ОИЯИ, ИЯИ РАН, РНЦ «Курчатовский институт», ФИАН, НИИЯФ МГУ, а также в зарубежных научных центрах.

Диссертация Степаненко Юрия Юрьевича «Методы увеличения эффективности регистрации редкого распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ в эксперименте e391a», отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемой к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц за получение новых методических и физических результатов по измерению распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ в эксперименте E391a.

Диссертация Степаненко Ю.Ю. заслушана и обсуждена на семинаре Института ядерной физики и технологий (ИЯФиТ) НИЯУ МИФИ, протокол 06/19 от 5 июня 2019 г.

Отзыв составил кандидат физ.-мат. наук, доцент отделения ядерной физики и технологий (ОЯФиТ) офиса образовательных программ НИЯУ

МИФИ Солдатов Евгений Юрьевич, адрес 115409, Москва, Каширское шоссе, д.31, тел.: +7 (495) 788 56 99, доб. 8466, e-mail: EYSoldatov@mephi.ru

Доцент,
к.ф.-м.н.



Е.Ю. Солдатов

И.о. директора ИЯФиТ
к.ф.-м.н.



Н.С. Барбашина

Председатель Совета
по аттестации и подготовке
научно-педагогических работников
д.ф.-м.н., профессор



Н.А. Кудряшов

Сведения об организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ), 115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31, тел.:+7 499 324-77-77, e-mail: rector@mephi.ru