

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор Московского  
Государственного Университета  
имени М.В. Ломоносова  
профессор



А.А.Федянин  
18.11.2016

## О Т З Ы В

ведущей организации Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова о диссертационной работе Литова Леандра Борисова «Исследование полуплептонных распадов каонов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц

В основе описания процессов рождения и распадов частиц при высоких энергиях лежит Стандартная Модель (СМ) электрослабых и сильных взаимодействий. В рамках этой модели для описания процессов взаимодействия заряженным током ( $W^\pm$ ) используется матрица Каббиво-Кобаяши-Маскавы (СКМ). Прецизионное измерение параметров матрицы СКМ необходимо как для количественного построения СМ, так и для поисков новой физики за её пределами. Исследование характеристик распадов адронов позволяет извлекать параметры матрицы СКМ и проверять выполнение условия её унитарности. Неотъемлемой частью этих исследований являются измерения характеристик распадов странных частиц. Важно отметить, что поиски проявлений новой физики в распадных характеристиках адронов существенно дополняют поиски рождения новых частиц, проводимые в настоящее время на Большом Адронном Коллайдере.

В диссертационной работе Л.Б. Литова представлен обширный цикл исследований полуплептонных распадов каонов. Исследования были проведены в 1985-2014 г.г. на основе измерений двух экспериментальных установок: HYPERON на Серпуховском ускорителе У-70 и NA48 на ускорителе SPS в CERN. Результаты исследований опубликованы в 20 журнальных статьях и включены в мировые таблицы Particle Data Group. Эти результаты были использованы и будут использоваться в дальнейшем для развития теоретического описания распадов каонов. Впервые проведённые наблюдения редких распадов  $K_S^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$  и  $K_S^0 \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$  и оценки их вероятностей являются основой для планирования экспериментов по поиску CP-нарушающих распадов  $K_L^0 \rightarrow \pi^0 l^+ l^-$ . Таким образом, высокая значимость работы представленной в диссертации для развития физики высоких энергий не вызывает сомнений.

Диссертационная работа оформлена в виде введения, семи глав и заключения общим объемом 119 страниц текста, включающих 41 рисунок, 4 таблицы и 119 ссылок на литературу.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и сформулированы цель, научная новизна и методы исследования. Также во введении обоснована теоретическая и практическая значимость работы и сформулированы результаты выносимые на защиту.

В первой главе дано краткое введение в Стандартную Модель электрослабых и сильных взаимодействий. Особое внимание уделено механизму смешивания кварков и методики определения параметров матрицы СКМ.

Вторая глава посвящена каононой физике. Рассмотрены полуплептонные распады каонов  $K \rightarrow \pi l \nu (\gamma)$ , распады  $K \rightarrow \pi \pi l \nu$  и  $K \rightarrow \pi l^+ l^-$ . Здесь же обсуждается метод определения значения элемента  $V_{us}$  матрицы СКМ.

В третьей главе описаны экспериментальные установки HYPERON на Серпуховском ускорителе У-70 и NA48 на ускорителе SPS в CERN, и представлена разработанная автором диссертации методика идентификации частиц с помощью нейронных сетей. Разработка этой методики, позволившей многократно улучшить разделение пионов и электронов, является одним из результатов выносимых на защиту.

Четвёртая глава посвящена измерению форм-факторов матричных элементов  $K \rightarrow \pi l \nu$  распадов. Описаны измерения наклона векторного форм-фактора распада  $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ ,  $q^2$  зависимость форм-факторов матричного элемента распада  $K_L^0 \rightarrow \pi e \nu$  и измерение с высокой точностью форм-факторов матричного элемента распада  $K_L^0 \rightarrow \pi \mu \nu$ .

В пятой главе описано измерение вероятностей  $K \rightarrow \pi l \nu$  распадов. Здесь описаны измерения относительных вероятностей распадов  $K_L^0 \rightarrow \pi e \nu$ ,  $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$  и  $K^+ \rightarrow \pi^0 \mu^+ \nu$ . Эти измерения позволили существенно уточнить предшествующие данные. На основе этих измерений было определено значение элемента  $V_{us}$  матрицы СКМ и подтверждено выполнение унитарности для первой строки этой матрицы. Также измерена относительная вероятность радиационного распада  $K \rightarrow \pi e \nu \gamma$ . Здесь же представлено измерение отношения ширин распадов  $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$  и  $K_L^0 \rightarrow \pi e \nu$ , и определение значения параметра CP нарушения. В этой же главе описано измерение отношения ширин распадов  $K_S^0 \rightarrow \pi e \nu$  и  $K_L^0 \rightarrow \pi e \nu$ .

Шестая глава посвящена исследованиям  $K \rightarrow \pi \pi l \nu$  распадов. Описано измерение относительной вероятности распада  $K_L^0 \rightarrow \pi \pi e \nu$  и значения форм-факторов его матричного элемента. На основе этого измерения определено значение параметра  $L_3$  кирального Лагранжиана. Также измерены с рекордной точностью относительная вероятность распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^- e \nu$  и значения форм-факторов его матричного элемента.

В седьмой главе описаны исследования  $K \rightarrow \pi l^+ l^-$  распадов. Были впервые наблюдаемы распады  $K_S^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$  и  $K_S^0 \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$  и оценены вероятности этих распадов. Вероятность распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ e^+ e^-$  измерена на рекордной статистике. Впервые была исследована возможная CP-нарушающая разница ширин распадов  $K^+$  и  $K^-$  мезонов и наложена верхняя граница на её величину.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертации.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Все результаты, выносимые автором на защиту, в полной мере представлены в публикациях указанных в автореферате. Основные результаты диссертации являются официальными результатами международных коллабораций HYPERON и NA48, что подтверждает их достоверность.

В качестве замечаний к диссертационной работе можно отметить следующее:

1. В разделе 4.1 не отмечено согласие величины найденного полюса с массой  $K^*(892)^0$  мезона.
2. Ссылки [116-119] из списка литературы не упоминаются в тексте диссертации.
3. В тексте диссертации есть небольшое количество опечаток.

Отмеченные выше недостатки не влияют на положительную оценку диссертационной работы, которая является глубоким и детальным научным исследованием. Автор провёл цикл измерений и всесторонне проанализировал полученные результаты. Совокупность представленных в диссертации результатов можно оценить как новое крупное научное достижение в развитии физики элементарных частиц.

По своей актуальности, новизне полученных результатов и важности научных выводов диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям. Литов Леандр Борисов заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц.

Работа была заслушана и обсуждена на семинаре Отдела экспериментальной физики высоких энергий Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына 26 сентября 2016г.

Зам. Директора НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
профессор



  
В.И. Саврин

Заведующий Отдела экспериментальной физики высоких энергий  
НИИЯФ МГУ  
профессор

  
Э.Э. Боос

Отзыв составил: доктор физ-мат. наук  
заведующий лабораторией тяжёлых частиц и резонансов  
Отдела экспериментальной физики высоких энергий  
НИИЯФ МГУ  
Тел.: (495)9393568, Эл. адрес: gladilin@sinp.msu.ru



Л.К. Гладилин