

ОТЗЫВ
официального оппонента Александра Михайловича Зайцева

(должность: заместитель директора по научной работе;
Ученое звание: профессор
Ученая степень: доктор физико-математических наук, специальность 010401, экспериментальная физика
Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт физики высоких энергий»
Почтовый адрес организации: 142281, Московская область, город Протвино, площадь Науки, дом 1
Телефон организации: +7 (4967) 71-36-23
Электронный адрес организации: fgbu@ihep.ru)

на диссертацию Л.Б Литова
«Исследование полулептонных распадов каонов»,
представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Полулептонные распады каонов являются источником уникальной информации о физике сильных взаимодействий при низких энергиях и о возможной физике за пределами стандартной модели. Экспериментальная программа NA48 в течение ряда лет во многом определяла развитие этого важного направления. Комплекс исследований на установке NA48, представленных в диссертации Л.Б.Литова, относится к числу в высшей степени актуальных и востребованных современной наукой.

Во введении представлено детальное обоснование актуальности исследований, целей диссертационной работы, ее научной новизны и значимости. Убедительно продемонстрировано соответствие базовых параметров диссертации высоким требованиям, предъявляемым к таким работам. Особенно сильное впечатление производит изобилие первоклассных результатов, защищаемых диссертантом. По количеству и качеству результатов диссертацию с полным основанием можно отнести к числу рекордсменов.

В этом введении можно отметить одну неточность.

На стр. 9 утверждается, что в настоящее время не планируются новые эксперименты по изучению столь мощного домена каонной физики как полулептонные распады. Это неверно. Такие эксперименты проводятся и результаты исследований публикуются (например, High statistics measurement of the $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ ($Ke3$) decay formfactors, OKA Collaboration. 2016. 4 pp. Published in Nucl.Part.Phys.Proc. 273-275 (2016) 1330-1333)

В первой главе диссертации представлено краткое изложение стандартной модели. Эта глава полезна для понимания места представленных в диссертации исследований в физике фундаментальных взаимодействий. Она убедительно свидетельствует о высокой научной культуре диссертанта. В качестве замечания можно отметить ошибочное утверждение на стр. 23 о том, что вклад $f_-(t)$ подавлен в случае электронных и мюонных каналов распада. На самом деле, для двух распадов из трех рассматриваемых ($K \rightarrow \pi l \nu$, $D \rightarrow K l \nu$ и $B \rightarrow D l \nu$) вклад $f_-(t)$ в мюонном канале не подавлен.

Во второй главе изложены некоторые аспекты физики полулептонных распадов каонов ($K_{\ell 3}$, $K_{\ell 3 \gamma}$, K_{e4} и $K \rightarrow \pi l^+ l^-$), важные для понимания содержания и методов анализа данных,

представленных в последующих разделах диссертации. Эта глава позволяет убедиться в том, что исследования выполнены с использованием широкого спектра самых современных теоретических представлений об исследуемых распадах.

В этой главе можно усмотреть отдельные шероховатости.

Непонятно зачем написана формула 2.3 на стр. 25 и длинные формулы с общим видом взаимодействия на стр. 26, если в дальнейшем эти формулы в диссертации не используются. Вдобавок, не указано происхождение этих формул.

Формула 2.12 ошибочна - часть слагаемых безразмерна, а часть имеет размерность массы. Известное правило $\Delta S = \Delta Q$ упоминается с обратным знаком: $\Delta S = -\Delta Q$.

В третьей главе приведено краткое описание экспериментальных комплексов ГИПЕРОН и NA48, на которых проводились рассматриваемые в диссертации исследования, а также представлены сведения о методах обработки данных. Эта глава убеждает в том, насколько глубоко продумана и хорошо сделана установка NA48. Остается только восхититься элегантностью базовых технических решений и позавидовать тем, кто имел удовольствие работать на этой установке. Особое внимание в этой главе уделено разработанной диссертантом методике разделения электронов и пионов. Эта непростая задача решена при помощи методики нейронных сетей. Разработанная диссертантом методика позволила существенно повысить качество разделения пионов и электронов, что имело решающее значение для выделения и исследования K_{e4} распадов на фоне $K_{3\pi}$ распадов. В качестве важного достоинства разработанной методики надо отметить, что обучение нейронной сети выполнено с использованием реальных событий, а не Монте-Карловских, как это зачастую делается.

Четвертая глава посвящена измерению формфакторов в распадах K_{L3} .

Эти результаты относятся к наиболее точным измерениям формфакторов. Высокая точность в формфакторах нужна по двум причинам – для сравнения с моделями и для извлечения элемента $|V_{us}|$ матрицы Кабиббо-Кобаяши-Маскавы. Кроме того, в этих экспериментах получены наиболее жесткие ограничения на значения скалярного и тензорного формфакторов.

Анализ проведен очень тщательно и почти не вызывает вопросов.

Хотелось бы уточнить всего пару моментов. Как влияет на полученные ограничения возможная зависимость скалярного и тензорного формфакторов от q^2 ? Что стоит за высказыванием на стр. 49: « Чтобы обеспечить хорошее согласие между симулированными методом Монте-Карло событиями и экспериментальными данными, при селекции распадов было наложено условие, чтобы оба решения для импульса каона находились в интервале 60-180 GeV/c. » А почему Монте-Карло не описывает события вне этого интервала?

Следующая, пятая, глава особенно насыщена новыми значительными результатами. В ней рассказывается об измерении относительных вероятностей распадов K_{L3} , извлечении элемента $|V_{us}|$ из параметров, описывающих эти распады, измерении относительной вероятности распада $K_{e3\gamma}$, определении параметра CP-нарушения $|\eta^{+-}|$, измерении отношения ширины распадов $K_S \rightarrow \text{лев}$ и $K_L \rightarrow \text{лев}$.

Прежде всего, следует отметить, что на момент проведения этих измерений существовали некоторые указания на возможное нарушение унитарности матрицы смешивания кварков, так что новые высокоточные данные об элементе $|V_{us}|$ были в высшей степени востребованы. Благодаря результатам, полученным в эксперименте NA48, а также в экспериментах KTeV и KHLQE, удалось существенно уточнить значение параметра $|V_{us}|$ и продемонстрировать унитарность матрицы Кабиббо-Кобаяши-Маскавы. В целом, благодаря экспериментам на установке NA48, а также ряду других экспериментов, вероятности практически всех основных мод распадов K-мезонов претерпели существенные изменения и известны теперь с гораздо более высокой точностью, чем, скажем, десять лет назад.

В шестой главе излагаются результаты исследования K_{e4} распадов. Интерес к этим процессам вызван, прежде всего, тем, что здесь в конечном состоянии образуются два «чистых» пиона недалеко от порога $\pi\pi$, где есть предсказания ряда моделей. В эксперименте NA48 удалось существенно повысить точность измерения формфакторов в K_{e4} распадах нейтральных и заряженных мезонов. В распадах нейтральных каонов это позволило найти параметр L_3 киральной теории возмущений с рекордной точностью. Некоторые затруднения в восприятии этого важного результата возникают в связи с отсутствием ссылки на диссертацию L.M. Widhalm, где подробно разобрана процедура извлечения значения L_3 из данных эксперимента. В распадах заряженных каонов впервые достигнута точность измерений, сопоставимая с точностью теоретических предсказаний. Этот результат позволяет уточнить низкоэнергетические константы киральной теории возмущений.

В седьмой главе представлены результаты поиска распадов $K_s^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ и $K_s^0 \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ и измерений относительных вероятностей и параметров матричных элементов распадов $K \rightarrow \pi \ell^+ \ell^-$.

Распады $K_s^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ и $K_s^0 \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$ наблюдаются впервые. Измерены относительные вероятности этих распадов. В рамках киральной теории возмущений определены параметры, используемые при описании этих распадов. Найдена оценка вероятности распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$. Измерены характеристики распадов $K^{*+} \rightarrow \pi^+ e^+ e^-$, впервые проведен поиск возможной разницы ширин этих распадов для K^+ и K^- .

В качестве замечаний к этой главе можно указать на трудность интерпретации последнего абзаца раздела 7.2, а также на отсутствие какого бы то ни было анализа полученного ограничения на CP-нарушающую асимметрию ширин распадов $K^{*+} \rightarrow \pi^+ e^+ e^-$.

В целом, диссертация является монументальным трудом по физике полупертоновых распадов каонов. В качестве наиболее существенного недостатка можно отметить перегруженность диссертации первоклассными результатами.

Работа написана ясно, хорошим русским языком. Конечно, в такой большой работе не обошлось без кальки с болгарского (софтуер) и ряда описок (Руссакович, Володко.....).

Упомянутые недостатки не влияют на общую очень высокую оценку диссертации. Представленные в диссертации результаты имеют несомненную научную и практическую ценность. Они достоверны и заслуживают самой высокой оценки.

Содержание диссертации соответствует специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Полученные результаты опубликованы в ведущих научных журналах, доложены на международных и российских конференциях и семинарах.

Диссертация полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Леандр Борисов Литов, безусловно заслуживает присвоения ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент
доктор физ.-мат. наук, профессор

Подпись А.М.Зайцева удостоверяю
Ученый секретарь



А.М.Зайцев

Н.Н. Прокопенко