

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Арбузова А.Б. о диссертации **Сухарева Андрея Михайловича** на тему "Измерение произведения электронной ширины на вероятность распада в пару мезонов $\psi(2S)$ -мезона" на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц, представленной в диссертационный совет Д 003.016.02 на базе ФГБУН Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН

В настоящее время исследования физических явлений проводятся со всё большей и большей точностью. Постоянно совершенствуется и методика экспериментов. Рассматриваемая диссертация представляет собой яркий пример исследования актуальной физической задачи, проведенного на самом высоком научном уровне. Объектом исследования был выбран процесс электрон-позитронной аннигиляции в мюонную пару через промежуточное состояние $\psi(2S)$ -мезона. Конкретно, была поставлена и успешно решена задача определения произведения ширины распада этого мезона на электрон-позитронную пару и парциальной ширины его распада на пару мюонов. В результате получено наиболее точное значение этой величины. В процессе решения этой задачи выполнен большой объем работы по совершенствованию экспериментальной установки и методики анализа данных. Эти результаты важны и актуальны в контексте активно развивающейся в настоящее время программы теоретического и экспериментального изучения сильных взаимодействий в связанных состояниях очарованных кварков. **Актуальность** и значимость темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

Научная и практическая ценность проведенных автором диссертации исследований несомненна. В диссертации подробно представлено завершённое научное исследование, давшее значительные результаты для физики элементарных частиц. Результаты диссертации могут быть использованы при проведении дальнейших экспериментальных исследований в области физики элементарных частиц, проводимых в ИЯФ СО РАН, ОИЯИ (Дубна), ИФВЭ (Протвино), ИЯИ РАН (Москва) и других российских и зарубежных научных центрах. **Новизна результатов** диссертации очевидна. Действительно, сделано наиболее точное измерение важной физической величины. Более того, заложен фундамент для проведения дальнейших исследований процессов электрон-позитронной аннигиляции с образованием мюонов. Значимость и новизна результатов подтверждаются уже имеющимся высоким уровнем цитирования статей, опубликованных по материалам диссертации.

Обоснованность полученных результатов обусловлена тем, что при выполнении программы исследований применялись современные методы анализа экспериментальных данных, отработанные при решении аналогичных задач. В то же время диссертацию можно рассматривать как заметный шаг в развитии и совершенствовании этих методов. Действительно, решалась сложная комплексная задача по одновременному учету множества физических эффектов, каждый из которых оказывал влияние на конечный результат. **Достоверность** полученных результатов не вызывает сомнений. Необходимо отметить, что **личный вклад**

А.М. Сухарева в исследованиях, отраженных в диссертации, был определяющим.

Диссертация состоит из Введения, семи Глав, Заключения, списка литературы и двух Приложений. Во **Введении** обсуждается современный статус исследования свойств чармониев, и убедительно обосновывается актуальность поставленной задачи. Здесь также приведены основные положения, выносимые на защиту.

Первая Глава посвящена обсуждению статуса теоретического описания и экспериментального изучения лептонных мод распадов $\psi(2S)$ -мезона. Глава по сути определяет теоретическую и экспериментальную базу поставленной задачи. Проведен критический анализ последних экспериментальных измерений коллаборацией BES электронной ширины рассматриваемого мезона. Во **Второй Главе** достаточно подробно описан экспериментальный комплекс ВЭПП-4М / КЕДР. Основное внимание уделено системам универсального магнитного детектора КЕДР. При этом четко представлен вклад автора в развитие отдельных элементов, в частности, им был проведен расчет карт магнитного поля в детекторе. В **третьей Главе** автор концентрирует внимание на мюонной системе детектора КЕДР, в развитие и обеспечение бесперебойной работы которой он внес заметный вклад. Детально описана процедура калибровки мюонной системы и реконструкции событий. Важно отметить, что автором лично разработаны компьютерные программы, осуществляющие определение параметров мюонной системы в течение набора экспериментальных данных; калибровку; реконструкцию и моделирование событий в мюонной системе. Центральной главой диссертации является **Глава 4**, в которой описан эксперимент по измерению произведения ширины распада $\psi(2S)$ -мезона на электрон-позитронную пару и парциальной ширины его распада на пару мюонов. **Пятая Глава** представляет результаты работы автора по измерению эффективности время-пролетной системы. В **шестой Главе** сделан тщательный анализ систематических погрешностей, значения которых собраны в Таблице 6.1. Надежность этого анализа обеспечила достоверную оценку неопределенности окончательного результата, который представлен в **Главе 7**.

В **Заключении** кратко суммируются основные результаты проведенных исследований и четко определен существенный личный вклад автора диссертации.

В целом диссертация написана очень хорошим языком практически без грамматических ошибок. Приведены все необходимые формулы и сделаны качественные графические иллюстрации. Численные результаты представлены в виде таблиц и графиков. Проведенные исследования описаны подробно, с обоснованием основных положений и аккуратным цитированием использованной литературы. Показано хорошее знание современного состояния исследований в данной области, и на данном фоне ясно видна новизна и значимость проведенных исследований.

По содержанию диссертации есть следующие **замечания**.

- 1) Автору удалось избежать злоупотребления научным жаргоном. В отдельных случаях однако следовало бы более четко выражать свою мысль. Например, на странице 11 говорится, что "Величина α_s для массы с-кварка составляет ...", тогда как правильнее было сказать не "для массы с-кварка", а на "масштабе энергии порядка массы с-кварка".
- 2) На странице 14 приведена формула (1.4) из классической работы Э.А. Кураева и В.С. Фадына [56], описывающая вклад радиационных поправок к начальному состоянию процесса электрон-позитронной аннигиляции с использованием подхода

структурных функций. Однако конкретно эта формула не подходит для рассматриваемых экспериментальных условий, поскольку она отвечает ситуации с полным запретом на события с излучением сколь угодно мягких электрон-позитронных пар. Правильнее было бы использовать другую формулу из той же работы.

3) В Главе 4 в разделе 4.3.1 на стр. 70 говорится, что критерием выбора одной из трех программ для симуляции процесса Баба-рассеяния было то, что ее результаты лежат между результатами двух других. Этот критерий весьма спорный. Очевидно, что при выборе были более важны критерии полноты учета радиационных поправок, скорости, стабильности, удобства использования и т. д., что, однако же, не было описано.

4) На стр. 93 приведен Рис. 7.2, показывающий зависимость сечения процесса аннигиляции в мюоны. На графике присутствуют пять экспериментальных точек и некоторая сплошная кривая. К сожалению, ни в подписи к рисунку, ни в соответствующем разделе текста не сказано, каким образом была получена эта кривая.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

В целом, диссертация представляет собой законченное научное исследование – научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для физики элементарных частиц. Объем и тщательность проведенных исследований впечатляют. Основные результаты диссертации докладывались на международных конференциях и своевременно опубликованы в ведущих российских и международных научных журналах.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

С уверенностью утверждаю, что рассматриваемая работа удовлетворяет требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней", предъявляемым ВАК и Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сухарев Андрей Михайлович, безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент:

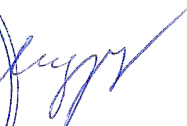


Арбузов Андрей Борисович

начальник сектора №5 Научного отдела теории
фундаментальных взаимодействий Лаборатории
теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова
Объединенного института ядерных исследований,
д.ф.-м.н., без звания, профессор РАН
ул. Жолио-Кюри, д. 6, г. Дубна, 141980, Московская обл.
тел.: 8 (496) 216-33-43
e-mail: arbuzov@theor.jinr.ru

10.09.2018

Подпись официального оппонента заверяю.
Ученый секретарь ЛТФ ОИЯИ



А.В.Андреев