

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**Физический
институт
имени
П.Н.Лебедева**
Российской академии наук

Ф И А Н

119991, ГСП-1, Москва,
Ленинский проспект, 53, ФИАН
Телефоны: (499) 135 1429
(499) 135 4264
Телефакс: (499) 135 7880
<http://www.lebedev.ru>
postmaster@lcbcdcv.ru

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН Физический институт

им. П.Н. Лебедева РАН

Член-корреспондент РАН

Доктор физ.-мат. наук

Колачевский Николай Николаевич



2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук на диссертацию БОТОВА Александра Анатольевича «Измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$ в области энергии от 1.34 до 2.0 ГэВ», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертация Александра Ботова посвящена исследованию процесса e^+e^- -аннигиляции в конечное состояние $\pi^+\pi^-\pi^0\eta$ в энергетическом диапазоне от 1.34 ГэВ до 2.0 ГэВ в системе центра масс. Представленная работа выполнена автором в ИЯФ СО РАН им. Г.И. Будкера на ускорительно-накопительном комплексе ВЭПП-2000 с помощью детектора СНД.

Актуальность избранной темы. Актуальность исследований А.А. Ботова не вызывает сомнений. Эксклюзивное сечение рассматриваемого процесса в заданной области энергий вносит существенный вклад в полное сечение процесса электрон-позитронной аннигиляции в адроны, точное знание которого позволяет определять фундаментальные параметры Стандартной модели. Измерение сечений в промежуточные конечные состояния $\omega\eta$, $\phi\eta$, а также в сумму конечного состояния $a_0\eta$ и нерезонансного состояния $\pi^+\pi^-\pi^0\eta$, выполненное автором, востребовано кварковой теорией, испытывающей серьёзные проблемы с описанием состояний, содержащих лёгкие кварки.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Полный объём диссертации составляет 94 страницы, включая 41 рисунок и 6 таблиц, а также 65 библиографических наименований. Основные результаты по теме диссертации изложены в 12 научных статьях, из которых 3 опубликованы в журналах из списка ВАК.

Во введении автор обосновывает актуальность измерений эксклюзивных сечений электрон-позитронной аннигиляции в адроны, излагает краткую предысторию вопроса, а также формулирует основную цель работы как измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$ в энергетическом диапазоне от 1.34 ГэВ до 2.00 ГэВ в системе центра масс, включая измерение сечений в промежуточные конечные состояния $\omega\eta$, $\phi\eta$ и в сумму конечного состояния $a_0\eta$ и нерезонансного состояния $\pi^+\pi^-\pi^0\eta$. Здесь же показана структура диссертации и перечислены основные результаты, которые диссертант выносит на защиту.

Первая глава посвящена ускорительному комплексу ВЭПП-2000 и детектору СНД. Автор детально описывает структуру и параметры электрон-позитронного коллайдера на встречных пучках ВЭПП-2000, работающего в диапазоне энергий от 340 МэВ до 2.0 ГэВ в системе центра масс. Обсуждению универсального немагнитного детектора СНД и его подсистем отведён специальный раздел, в котором речь идёт о трековой системе, включающей дрейфовую и пропорциональную камеру, пороговых аэрогелевых черенковских счётчиках, трехслойном сферическом калориметре на основе кристаллов NaI(Tl) и мюонной системе. Кроме того, приведена статистика данных, набранных на детекторе СНД в период 2010-2012 гг.

Вторая глава содержит подробное описание модернизированного триггера первого уровня детектора СНД. В частности, речь идет о стандарте КЛОКВА, разработанном в ИЯФ СО РАН для детекторов КМД-2, КЕДР и СНД, системе организации триггера первого уровня, включая логику калориметра, логику трековой системы и других подсистем. Кроме того, обсуждается моделирование работы триггера первого уровня и приводится пример конфигурации триггера, использованной при сканировании по энергии в 40 точках выше порога изучаемого процесса.

В третьей главе описан учёт фоновых событий, связанных, в первую очередь, с регистрацией частиц, выбывающих из пучков коллайдера. Результаты работы программы, созданной автором, проиллюстрированы на примере процессов $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$, $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$, $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0$ и $e^+e^- \rightarrow$ нейtron анти-нейtron.

Четвёртая глава посвящена физическому анализу процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$ в энергетическом диапазоне до 2 ГэВ. Помимо указанного основного конечного состояния исследуются все его возможные промежуточные состояния. Автор подробно описывает моделирование рассматриваемых процессов, определение интегральной светимости для каждого энергетического интервала шириной 50 МэВ, а также критерии отбора событий. Отдельно обсуждается отбор событий, содержащих η -мезоны, и процесс выделения промежуточных состояний из распределения массы отдачи η -мезонов. Затем речь идёт об определении эффективности регистрации изучаемых процессов с учётом поправок и систематических неопределённостей. Последний раздел посвящён получению борновского сечения, его аппроксимации в модели векторной доминантности, а также обсуждению результатов.

В заключении кратко сформулированы результаты работы, выносимые на защиту диссертации.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Диссертация содержит подробное описание экспериментальной установки, модернизированного триггера первого уровня детектора СНД, методики учёта фоновых событий, а также физического анализа. Сформулированные выводы и рекомендации основаны на статистически значимом объёме обработанных данных и не вызывают сомнений в их достоверности.

Достоверность и новизна полученных результатов. Достоверность результатов подтверждается хорошим согласием измеренного эксклюзивного сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$ в энергетическом диапазоне от 1.34 ГэВ до 2.00 ГэВ с результатами эксперимента КМД-3, а также сечений промежуточных процессов $e^+e^- \rightarrow \omega\eta$, $\phi\eta$ с результатами экспериментов КМД-3 и BaBar. Сечение процесса $e^+e^- \rightarrow a_0\rho +$ нерезонансный вклад от $(\pi^+\pi^-\pi^0\eta)$ в пределах ошибок согласуется с результатами эксперимента КМД-3. Полученные результаты неоднократно докладывались на международных конференциях и были опубликованы в рецензируемых журналах с высоким индексом цитирования. Новизна исследований А.А. Ботова очевидна. Автором получены наиболее точные значения сечений процессов $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$ и $e^+e^- \rightarrow a_0\rho +$ нерезонансный вклад от $(\pi^+\pi^-\pi^0\eta)$ в энергетическом диапазоне от 1.34 ГэВ до 2.00 ГэВ.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов несомненна. Измеренное А.А. Ботовым эксклюзивное сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\eta$, включая сечения в промежуточные конечные состояния востребованы теорией для уточнения фундаментальных параметров Стандартной модели, проверки и совершенствования моделей сильного взаимодействия и динамики лёгких адронов. Кроме того, как методические разработки, так и физические результаты диссертанта актуальны для сегодняшних и будущих экспериментов на электрон-позитронных коллайдерах, в том числе, на с-т-фабриках нового поколения.

Оценка содержания диссертации, её завершённость. Диссертация А.А. Ботова представляет собой законченное и качественно выполненное экспериментальное исследование.

Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования. Диссертация А.А. Ботова демонстрирует глубокое знание автором методики современного эксперимента наряду с методами анализа физических данных и содержит богатый иллюстративный материал. Однако к диссертации имеется ряд замечаний и вопросов, приведённых ниже.

Поскольку в основу представленной к защите работы легли важные методические разработки, без которых невозможен набор данных и их физический анализ, оправдано желание автора уделить им особое место в диссертации (первая и вторая главы). Однако, не стоит забывать, что тема диссертации определена как анализ физического процесса, который, безусловно, требует развёрнутой мотивации, включающей обсуждение теории и истории вопроса. Речь об этом, к сожалению, идёт кратко и только во введении.

В главе 3 в качестве одного из источников фона автор рассматривает процесс

$e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$. Возникает вопрос, какой вклад вносит фон от процесса $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^0\pi^0$ и каким образом его можно отличить от процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ в немагнитном спектрометре СНД. Кроме того, неясно, какой вклад в фон даёт процесс $e^+e^- \rightarrow K^+K^0\pi^-$, где $K^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$.

В разделе 4.7, где описано получение борновского сечения исследуемых процессов, не поясняется, в каком порядке учитывается радиационная поправка: первом или втором.

В разделе 4.7.1 в описании подгонки измеренных сечений не учитывается возможная интерференция исследуемых конечных состояний и её влияние на полученные параметры векторных состояний.

В разделе 4.7.1 обсуждению систематических неопределённостей полученных значений сечений уделено неоправданно мало внимания.

В разделе 4.8 обсуждение полученных результатов занимает всего полстраницы текста, причём речь идёт в двух словах лишь о сравнении с предыдущими измерениями других экспериментов и практически пол слова о сравнении с теоретическими предсказаниями. Фраза «...данный результат считается более правильным...», когда автор говорит о новом измерении сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \omega\eta$, звучит бездоказательно и гуманитарно. Автору стоило бы подробнее остановиться на подгонках данных предыдущих экспериментов, показать их в явном виде на рисунках, и сравнить полученные ими параметры векторных состояний со своими результатами.

К сожалению, в диссертации отсутствует график зависимости полного сечения электрон-позитронной аннигиляции в адроны от энергии, на которую автор многократно ссылается и с которой сравнивает полученное эксклюзивное сечение исследуемого процесса.

Несмотря на очевидную важность полученных результатов для будущих экспериментов, в частности, для с-т-фабрики, которую планируется построить в ИЯФ СО РАН им. Г.И. Будкера, перспективы использования измеренных сечений не обсуждаются.

К недостаткам в оформлении можно отнести отдельные опечатки и обилие научного сленга. В разделах 4.3-4.5 на многих рисунках приведены параметры подгонки соответствующих распределений, которые накладываются на распределения, затрудняя прочтение полученных значений, например, рисунки 4.6-4.9, 4.11-4.15.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертация Александра Анатольевича Ботова на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, содержащей важные результаты, который вносят значимый вклад в дальнейшее развитие современной физики элементарных частиц, что соответствует требованиям п. 9

«Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Ботов Александр Анатольевич, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

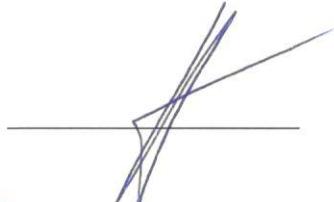
Диссертационная работа заслушана на научном семинаре лаборатории тяжёлых夸克ов и лептонов 11 октября 2019 года. Отзыв рассмотрен и утверждён на заседании Учёного совета лаборатории тяжёлых夸克ов и лептонов, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, 16 октября 2019 года, протокол № 5.

Секретарь Учёного совета лаборатории тяжёлых夸克ов и лептонов,
ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН,
кандидат физико-математических наук,
высококвалифицированный старший научный сотрудник
Е.И. Соловьёва



Отзыв подготовила:

Пахлова Галина Владимировна,
доктор физико-математических наук,
название и шифр специальности: 01.04.23 - физика высоких энергий,
высококвалифицированный ведущий научный сотрудник,
лаборатория тяжёлых夸克ов и лептонов,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53
Телефон: +7 (916) 5134677
e-mail: pahlovagv@lebedev.ru
Г.В. Пахлова
16 октября 2019 года.



Подпись Г.В. Пахловой заверяю
Учёный секретарь ФГБУН ФИАН им. П.Н. Лебедева
кандидат физико-математических наук
А.В. Колобов
scilpi@mail.ru



Контакты ведущей организации:

Адрес: 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53, ФИАН
Телефон: 8(499)135-42-64
Факс: 8(499)135-78-80
e-mail: postmaster@lebedev.ru