

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@lebedev.ru

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора ФГБУ
Физический институт им. П.Н. Лебедева
РАН

Доктор физ.-мат. наук
Савинов Сергей Юрьевич



« »

2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук на диссертацию МАТВИЕНКО Дмитрия Владимировича «Изучение процесса $\text{анти-}B^0 \rightarrow D^{*} \omega \pi^{+}$ с детектором Belle», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Рекордно большие образцы данных В-фабрик — экспериментов Belle и BaBar — позволяют детально изучать распады В мезонов. При этом для распадов в широкие состояния требуется выполнение амплитудных анализов. Изучение адронного распада В мезона в Р-волновые уровни D мезонов и ω мезон является главной частью диссертации. Повышенный интерес к этой теме вызван тем, что в случае полупертоновых распадов на D^{*} экспериментальные результаты не согласуются с теоретическими ожиданиями, и адронные распады могут помочь выяснить динамику этих процессов. Актуальность темы не вызывает сомнений. Методическая часть диссертации связана с тестированием новой электроники калориметра детектора Belle-II.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. В первой главе изложены положения эффективной теории тяжелого кварка (heavy quark effective theory, HQET) и приведена классификация Р-волновых уровней D мезонов. Далее подробно описано, как в HQET рассматриваются полупертоновые и адронные распады В мезонов в D^{*} и D^{**} мезоны, представлен статус экспериментальных исследований в этой области.

Во второй главе описаны ускорительный комплекс КЕКВ и детектор Belle, метод идентификации частиц и моделирование событий.

Третья глава посвящена получению выражения для матричного элемента распада $B^0 \rightarrow D^{*} \omega \pi^{+}$. Амплитуда этого распада зависит от шести переменных. Используется модель изобар, рассматриваются резонансы в каналах $D^{*} \pi^{+}$, $\omega \pi^{+}$ и нерезонансный вклад. Для распада ω мезона используется детальная феноменологическая модель. Для вывода амплитуд используется ковариантный формализм, далее лоренц-инвариантные величины выражаются через углы. Окончательная запись амплитуды дана в базисе парциальных волн. Там, где возможно, используются предсказания HQET и результаты предыдущих

измерений. При получении амплитуды диссертант продемонстрировал глубокое и всестороннее понимание вопроса. Построение феноменологической модели является темой отдельной публикации автора и включено в список основных результатов, выносимых на защиту.

Четвертая глава посвящена экспериментальному изучению распадов $B^0 \rightarrow D^{*\mp} \omega \pi^{\pm}$. Для восстановления D^0 мезонов используется канал $K^{\mp} \pi^{\pm}$. Помимо стандартных в Belle критериев отбора, используется интересный метод подавления фона к ω мезонам: в диаграмме Далица распада $\omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ исключается область вблизи границ. Для подавления фона от событий континуума используется угол между импульсом B кандидата и срастом остатка события. Выход распада найден из фитирования распределения по ΔE — разнице энергии B кандидата и энергии пучка в системе центра масс. Учтен вклад неправильно реконструированных событий (self cross-feed), форма которого найдена из моделирования. Вклад нерезонансной подложки в области ω мезона вычтен при помощи контрольных областей по массе $\pi^+ \pi^- \pi^0$ комбинаций. Измеренная вероятность распада согласуется с результатами экспериментов CLEO и BaBar и имеет значительно более высокую точность. В амплитудном анализе выполнено небинированное фитирование распределения сигнальных кандидатов по шестимерному фазовому пространству. Эффективность восстановления учтена при нормировке функции плотности вероятности. Для нахождения фона выполнено детальное изучение различных контрольных областей по ΔE и массе $\pi^+ \pi^- \pi^0$. Получено хорошее описание данных. Основная модель включает $D_1(2420)$, $D_1(2430)$ и $D_2(2460)$ мезоны в канале $D^* \pi$, а также $\rho(1450)$ и виртуальные $\rho(770)$ мезоны в канале $\omega \pi$. Все эти промежуточные состояния имеют значимости более 5 стандартных отклонений. Измерены вклады этих резонансов, вероятности их рождения в различных парциальных волнах, продольные поляризации, относительные фазы и константы связи. На вклад $b_1(1235)$ резонанса поставлен верхний предел. Для изучения статистических погрешностей и качества описания данных используется техника псевдоэкспериментов. По этой главе можно высказать ряд замечаний:

1. Основная неопределенность результатов вызвана ограниченной статистикой. При этом D^0 мезоны восстанавливаются только в одном – самом чистом – канале. Интересно попробовать использовать другие каналы распада: $K_S \pi^+ \pi^-$, $K^{\mp} \pi^+ \pi^0$, $K^{\mp} \pi^+ \pi^+ \pi^-$. Фон в этих более “грязных” каналах можно подавить, используя дополнительные дискриминирующие переменные и нейронные сети.
2. Для разделения двухструйных событий континуума и сферически симметричных событий с B мезонами использовался угол между импульсом B кандидата и срастом остатка события: $|\cos\theta| < 0.8$. Добавление большего количества дискриминирующих переменных и использование нейронных сетей может дать более высокую эффективность при том же подавлении фона.
3. При оценке систематической погрешности от формы ΔE распределения используется статистическая ошибка событий моделирования. В такой процедуре ошибку можно сделать произвольной.

Несмотря на эти замечания, анализ выглядит очень хорошо проработанным.

В пятой главе представлена работа диссертанта, связанная с проверкой новой электроники для эксперимента Belle-II. Измерены электронные шумы в платах оцифровщиков-формирователей, выполнена проверка работоспособности всех битов АЦП, проверена работоспособность электроники при больших нагрузках.

В заключении перечислены основные результаты.

Диссертационная работа выполнена на очень высоком уровне, все выводы выглядят обоснованными, достоверность результатов не вызывает сомнений. Полный амплитудный анализ распадов $B^0 \rightarrow D^{*\mp} \omega \pi^{\pm}$ выполнен впервые. Впервые надежно наблюдался резонанс $D_1(2430)$, впервые наблюдались резонансы $D_1(2420)$ и $D_2(2460)$.

Впервые в распадах В мезонов поставлен верхний предел на токи второго рода — на рождение промежуточного резонанса $b_1(1235)$. Выполненные измерения позволяют проверять предсказания HQET, эффективной теории мягких и коллинеарных кварков и глюонов, эффектов факторизации в КХД. Разработанный алгоритм измерения шумов электроники может использоваться на других установках. Новизна, научная и практическая ценность полученных результатов не вызывает сомнений. Результаты работы докладывались на научных семинарах и международных конференциях, опубликованы в ведущих журналах. Результаты представленных измерений включены в таблицу свойств элементарных частиц PDG.

Содержание диссертации соответствует указанной специальности: физика ядра и элементарных частиц. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Полученные результаты имеют высокую значимость, работа полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.16 – “физика атомного ядра и элементарных частиц”. Автор диссертации, Д.В. Матвиенко, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Работа обсуждалась на семинаре Отдела космических излучений Отделения ядерной физики и астрофизики ФИАН, отзыв утвержден на заседании ученого совета ОЯФА ФИАН ФГБУ Физического института им. П.Н. Лебедева РАН 7 ноября 2016 г., протокол № 51.

Отзыв подготовлен заведующей лабораторией элементарных частиц ФИАН, д. ф.-м. н.

Н.Г. Полухина
poluhina@sci.lebedev.ru

Заведующий Отделом космических излучений ФИАН, д.ф.-м.н.

В.А.Рябов
ryabov@x4u.lebedev.ru

Учёный секретарь ФГБУ Физического института им. П.Н. Лебедева РАН
Кандидат физ.-мат. наук

А.В.Колобов
kolobov@lpi.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