

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Дорохова Александра Евгеньевича о диссертации **Харламовой Татьяны Александровны** на тему «Измерение полной и парциальных ширин J/ψ -мезона с детектором КЕДР» на соискание учёной 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.

Система чармония является наиболее плотно заселенной в спектроскопии адронов с участием тяжелых кварков, насчитывая 37 экспериментально обнаруженных состояний. Детальное исследование параметров чармония является фундаментальной проблемой для изучения основ стандартной модели, так и для более глубокого понимания природы сильных взаимодействий. С точки зрения теории c -кварк и его связанные состояния занимают особенное положение. Так как c -кварк тяжелый, то для исследования многих проблем применимы методы теории возмущений КХД. Однако, он не настолько тяжелый, чтобы поправки вне теории возмущений были гарантированно малы. Поэтому изучение свойств чармония важно для развития методов КХД на решетке, правил сумм КХД, кварковых моделей и других подходов. Кроме того состояния чармония, в частности J/ψ , широко используются как средства для анализа, а также для калибровки современных адронных коллайдеров. Диссертация Т. А. Харламовой посвящена измерению параметров J/ψ -мезона: его полной и парциальных – адронной, электронной и мюонной ширин, а также величины произведения электронной ширины резонанса на вероятность распада в адроны и электроны. В диссертации представлена методическая часть по разработке калибровок трековой системы детектора КЕДР, программного обеспечения для обработки данных об ионизационных потерях dE/dx в дрейфовой камере и идентификации заряженных частиц по dE/dx . Разработанные методики востребованы при анализе данных по инклюзивным распадам частиц. Все это позволяет заключить, что тема диссертационной работы является **актуальной**.

Научная новизна проведенных исследований не вызывает сомнений. Основным результатом является прямое измерение полной и парциальных ширин J/ψ -мезона в процессах $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow$ адроны и $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow e^+e^-$. Ранее эти процессы изучались в эксперименте BES, но точность результата составила 10.5 %. Параметры J/ψ -мезона также были получены в экспериментах BaBar, CLEO и BESIII в процессе с излучением в начальном состоянии $e^+e^- \rightarrow J/\psi\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-\gamma$. В 2010 году в эксперименте КЕДР были исследованы процессы $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow e^+e^-$ и $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$ и измерены величины $\Gamma_{ee}B_{ee}(J/\psi)$ и $\Gamma_{ee}B_{\mu\mu}(J/\psi)$. В представленной работе были изучены адронное и e^+e^- конечные состояния, что вместе с измеренным на детекторе КЕДР отношением лептонных ширин $\Gamma_{ee}/\Gamma_{\mu\mu}$ позволило измерить полную и парциальные $\Gamma_{\text{адр}}$, Γ_{ee} и $\Gamma_{\mu\mu}$ ширины, используя данные только одного

эксперимента. Достигнутая точность результатов для значений $\Gamma_{\text{адр}}(J/\psi)$ и $\Gamma_{e\bar{e}}V_{\text{адр}}(J/\psi)$ в несколько раз превосходит результаты предыдущих экспериментов.

Достоверность измерения полной и парциальных ширин J/ψ -мезона подтверждается тем, что полученные результаты согласуются с измерениями, выполненными в предыдущих экспериментах ADONE, MARKI, DASP, BES, BaBar, CLEO и BESIII. При этом полученные в работе результаты для значений полной и лептонной ширины J/ψ -мезона являются прямой и независимой проверкой, так как получены при сканировании резонанса. Достигнутые результаты для значений $\Gamma_{\text{адр}}(J/\psi)$ и $\Gamma_{e\bar{e}}V_{\text{адр}}(J/\psi)$ имеют в четыре раза лучшую точность в сравнении с последним измерением в адронном канале.

Научная и практическая ценность результатов работы обусловлена значимостью прецизионных измерений для физики элементарных частиц. Полученные автором результаты измерения параметров J/ψ -мезона были включены в таблицы среднемировых значений, подготовленные ParticleDataGroup, и улучшили среднемировую точность определения лептонной ширины. Результаты, полученные для значения $\Gamma_{e\bar{e}}V_{\text{адр}}(J/\psi)$ определяют среднемировое значение. В работе проведена настройка моделирования распадов J/ψ -мезона методом Монте-Карло и получены параметры генератора событий JETSET, что может использоваться в будущих экспериментах. Разработанные автором программы калибровки ионизационных потерь и идентификации заряженных частиц могут использоваться в экспериментах с детектором КЕДР на ВЭПП-4М. Результаты работы по измерению полной и парциальных ширин J/ψ -мезона могут быть использованы в различных научных центрах России и за рубежом.

Объем диссертационной работы составляет 125 страниц, включая 52 рисунка и 19 таблиц. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, двух приложений и списка литературы, включающего 100 наименований.

Во введении дан обзор текущего состояния исследований по теме диссертационной работы, обоснована актуальность и значимость проведенных исследований, сформулирована цель работы, изложены основные положения, выносимые на защиту, а также приведен список конференций, на которых представлены материалы диссертации.

Первая глава также имеет обзорный характер. В ней изложена история открытия J/ψ -мезона и семейства состояний чармония, а также перечислены предыдущие эксперименты по измерению полной и лептонной ширин J/ψ -мезона. Приведены основные сведения о теоретическом подходе к описанию сечения процесса рождения узкого 1^- резонанса.

Во второй главе описан ускорительный комплекс ВЭПП-4М для экспериментов со встречными электрон-позитронными пучками и универсальный магнитный детектор КЕДР. Приведены сведения об основных системах детектора КЕДР.

Третья глава посвящена дрейфовой камере детектора КЕДР. Этот материал важен для понимания вклада Т. А. Харламовой в методику

эксперимента КЕДР. Описано строение и электроника трековой системы детектора КЕДР, метод $x(t)$ -калибровки дрейфовой камеры. Контроль и выполнение этих процедур выполнен при непосредственном участии Т. А. Харламовой. В диссертации подробно изложена оригинальная процедура идентификации заряженных частиц по их ионизационным потерям dE/dx в дрейфовой камере, предложенная и разработанная автором диссертации. Проведена калибровка ионизационных потерь с помощью космических мюонов, достигнутое разрешение составило 9.5% для минимально ионизирующих частиц при нормальном падении при проектном разрешении 10.3%. Описано получение функции разрешения и аппроксимация зависимости наиболее вероятных потерь энергии от $\lg(\beta\gamma)$, что позволяет проводить идентификацию заряженных частиц. Разработанные автором программы калибровки ионизационных потерь и идентификации заряженных частиц могут использоваться в экспериментах с детектором КЕДР на ВЭПП-4М и других. Автор лично проводил калибровку трековой системы детектора КЕДР, включающую в себя дрейфовую камеру и вершинный детектор.

В четвёртой главе описан эксперимент по измерению полной и парциальных ширин J/ψ -мезона. Изложен метод определения абсолютной светимости по процессу e^+e^- -рассеяния на большие углы с учетом вклада от распада J/ψ -мезона на e^+e^- -пару. Приведены критерии отбора адронных событий и описан способ совместной подгонки данных в адронном и электронном каналах в области энергий J/ψ резонанса для получения искомым значений параметров ширины J/ψ резонанса: $\Gamma(J/\psi)$, $\Gamma_{ee}B_{ee}(J/\psi)$ и $\Gamma_{ee}B_{\text{адр}}(J/\psi)$.

В работе проведена настройка моделирования распадов J/ψ -мезона методом Монте-Карло и получены параметры генератора событий JETSET, что может использоваться в будущих экспериментах. Для получения значений параметров ширины $\Gamma(J/\psi)$ и её произведения на вероятности распада в электроны $\Gamma_{ee}B_{ee}(J/\psi)$ и адроны $\Gamma_{ee}B_{\text{адр}}(J/\psi)$ выполнена совместная подгонка данных в адронном и электронном каналах в области энергий J/ψ -резонанса.

В пятой главе выполнен тщательный анализ систематических погрешностей измерений, который играет решающую роль при современных прецизионных измерениях в физике элементарных частиц. Подробно обсуждаются погрешности, связанные с измерением светимости, моделированием распадов J/ψ -мезона, моделированием систем детектора, работы коллайдера и теоретические неопределенности.

В этой главе в разделе 5.6 приведены основные результаты, полученные Харламовой Т. А. в диссертационной работе, по измерению полной и парциальных ширин J/ψ -мезона, а также их произведения на вероятности распада в адроны и лептоны. Всего определены шесть важнейших параметров $\Gamma(J/\psi)$, $\Gamma_{\text{адр}}(J/\psi)$, $\Gamma_{ee}(J/\psi)$, $\Gamma_{ee}(J/\psi)B_{ee}(J/\psi)$, $\Gamma_{ee}(J/\psi)B_{\text{адр}}(J/\psi)$, $\Gamma_{\mu\mu}(J/\psi)$. Уникальной особенностью этих результатов является то, что они получены прямым методом с использованием данных только одного эксперимента. Результаты, полученные в диссертации, согласуются с результатами предыдущих экспериментов и являются рекордными по точности. Они включены в обновленную базу данных Particle Data Group за 2019 год.

В заключении перечислены основные результаты, полученные в работе.

В целом диссертация написана подробно, ясно, хорошо проиллюстрирована рисунками и таблицами. Для результатов измерений проводится систематическое сравнение с известными теоретическими оценками и экспериментальными результатами. К тексту диссертации имеется ряд **замечаний**, в качестве которых можно отметить следующие:

1. В тексте диссертации встречаются опечатки. Например, на стр. 37 написано "нёе" вместо "неё", на стр. 79 написано "двух" вместо "трёх".
2. На стр. 15 и 16 эксперимент на ускорителе ВЕРСИИ назван "BES3", в то время как на остальных страницах он назван "BESIII".
3. На стр. 61 разрешение по dE/dx указано 8.5%, хотя в остальных местах -9.5%
4. На рисунках в диссертации встречаются надписи на английском языке, например, на рис. 3.24 ось ординат подписана " dE/dx_{mp} , a.u.", на рис. 5.9 написано "KEDR" вместо "КЕДР".
5. В автореферате на 4 стр. в 1-ой строке написано «парциальных» вместо «парциальных».
6. В Заключении было бы желательно определить перспективы как развития эксперимента КЕДР, так и возможности улучшения полученных параметров в дальнейших экспериментах.

Отмеченные недостатки не влияют на значимость результатов, описанных в диссертации.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. По теме диссертации опубликовано 6 статей в ведущих российских и международных журналах. Работы, на основании которых написана диссертация, широко цитируются в научной литературе. Результаты диссертации могут быть использованы при анализе ведущихся и планировании будущих экспериментов как в российских ИЯФ (Новосибирск), ОИЯИ, (Дубна), так и в зарубежных научных центрах физики высоких энергий.

Представленная диссертационная работа Харламовой Т. А. «Измерение полной и парциальных ширин J/ψ -мезона с детектором КЕДР» является законченным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям ВАК к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических и критериям, установленным в пункте 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор Татьяна Александровна Харламова, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
сектора №5 Научного отдела теории фундаментальных взаимодействий
Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова
Объединенного института ядерных исследований
Дорохов Александр Евгеньевич

Дорохов

14.11.19

Контактные данные:

тел.: +7(49621) 6-27-30, e-mail: dorokhov@theor.jinr.ru

Специальность, по которой защищена диссертация:

01.04.02 – Теоретическая физика

Адрес места работы:

141980, Россия, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6,

Международная межправительственная организация

Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова

Подпись ведущего научного сотрудника Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова Объединенного института ядерных исследований А. Е. Дорохова удостоверяю:

Ученый секретарь ЛТФ



А.В. Андреев

А.В. Андреев