

**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](mailto:postmaster@lcbcdcv.ru)

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ФГБУН Физический институт им.  
П.Н.Лебедева РАН  
Член-корреспондент РАН  
Доктор физ.-мат. наук  
Колачевский Николай Николаевич



«24» октября, 2019 г.

**ОТЗЫВ**

ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук на диссертацию ХАРЛАМОВОЙ Татьяны Александровны «Измерение полной и парциальных ширин  $J/\psi$ -мезона с детектором КЕДР», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

**Актуальность темы**

Диссертация Татьяны Александровны Харламовой посвящена прямому измерению произведений  $\Gamma_{ee} \times B_{hadrons}$  и  $\Gamma_{ee} \times B_{ee}$  для  $J/\psi$ -мезона. С использованием ранее измеренного отношения  $\Gamma_{ee}/\Gamma_{\mu\mu}$  найдены также полная, адронная и электронная ширины  $J/\psi$ -мезона. Полная и парциальные ширины  $J/\psi$ -мезона являются его основными характеристиками, их измерение позволяет проверять теоретические расчеты сильно взаимодействующих систем. Ширины также позволяют найти вклад  $J/\psi$ -мезона в адронную поляризацию вакуума, что важно для точного предсказания аномального магнитного момента мюона, для которого наблюдается отличие от экспериментального измерения. Актуальность темы не вызывает сомнений.

**Обоснованность научных выводов, достоверность результатов**

Представленные измерения выполнены на основании данных эксперимента КЕДР, работающего на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-4М. Параметры экспериментального комплекса идеально подходят для выполнения представленных измерений. Экспериментальные подходы выбраны удачно. Процедура анализа построена оптимально. Используются точные теоретические предсказания для подгонки формы линии мезона, выполнена настройка генератора адронных распадов, уделено много

внимания изучению систематических погрешностей. Все это позволяет сделать заключение о достоверности представленных результатов. Результаты работы докладывались на конференциях и опубликованы в ведущих международных журналах.

### **Новизна полученных результатов**

Точность прямого измерения произведения  $\Gamma_{ee} \times B_{hadrons}$  улучшена в 4 раза по сравнению с предыдущими измерениями. Результат для  $\Gamma_{ee} \times B_{ee}$  заменяет предыдущее измерение эксперимента КЕДР и в 3 раза точнее результатов предыдущих экспериментов. Извлеченные полная и парциальная ширины имеют точности, сравнимые с мировыми средними, и позволяют улучшить их.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных результатов**

Как уже отмечалось, полученные результаты важны для проверки теоретических предсказаний свойств чармония и разработки непертурбативных методов вычислений в КХД, а также для теоретического предсказания аномального магнитного момента мюона. Работа содержит также методическую часть, в которой создано программное обеспечение для калибровки измерения ионизационных потерь в дрейфовой камере при помощи космических мюонов и для идентификации частиц. Приобретенный опыт будет полезным для других экспериментов в физике элементарных частиц.

### **Оценка содержание диссертации, её завершенность**

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

**Глава 1** содержит исторический обзор открытия  $J/\psi$ -мезона и всего семейства чармония. Описаны предыдущие эксперименты по измерению полной и парциальной ширин  $J/\psi$ -мезона, представлены теоретические методы, которые используются для расчета ширин. Приведены теоретические формулы для формы сечения  $e^+e^-$ -аннигиляции вблизи узкого резонанса. Глава содержит всю необходимую для вводной части информацию в достаточном для понимания объеме.

Замечания. Имеются опечатки: на странице 14 в третьей выделенной в отдельную строчку формуле перепутаны местами  $\Gamma$  и  $\Gamma_{ee}$ . Двумя строками ниже в реакции неверно указано положение ISR фотона: он не должен быть в распаде  $J/\psi$ .

**Глава 2** посвящена описанию ускорительного комплекса ВЭПП-4 и детектора КЕДР. Написана квалифицировано, в удобном для восприятия виде. Дан достаточный минимум информации.

#### Замечания.

1. На схематическом изображении детектора КЕДР (рис.2.2) перепутаны подписи к цифрам, указывающим различные подсистемы. Так мюонная система подписана как торцевой  $CsI$  калориметр, времяпролетная система как цилиндрический  $LKr$  калориметр и т.д.

2. В таблице 2.4 с основными характеристиками сцинтилляционных счетчиков перепутаны названия столбцов: “баррельные” и “торцевые”. В таблице 2.5 с основными характеристиками  $LKr$  калориметра ошибочно присутствует строчка «Число кристаллов».

В главе 3 представлена дрейфовая камера детектора КЕДР. Описана конструкция,читывающая электронику, метод восстановления треков, метод нахождения изохрон при помощи космических мюонов и калибровка пространственного разрешения в моделировании. Далее представлено измерение ионизационных потерь в дрейфовой камере и учет различных поправок, найденных при помощи космических мюонов. Рассмотрены поправочные коэффициенты в зависимости от расстояния дрейфа, времени дрейфа и углов наклона трека. Поскольку эти величины являются частично коррелированными для внесения поправок применена итерационная процедура. Описан метод идентификации частиц по ионизационным потерям, представлены результаты его применения.

#### Замечания.

1. При усреднении ионизационных потерь (уравнение (3.9)) хиты на треке входят с весами  $W = (1/dx^\alpha)^2$ , где  $\alpha=0.23$ . В диссертации было бы полезно дать мотивацию такого выбора вида весов и численного значения параметра  $\alpha$ .
2. Объяснение поведения кривых на рис. 3.14 и 3.15 не соответствует фактическому поведению кривых на этих рисунках.

Глава 4 посвящена описанию измерения полной и парциальной ширин  $J/\psi$ -мезона. Представлены образцы используемых данных, критерии отбора событий электронного и адронного каналов, метод подгонки и результаты. Электронный канал используется для калибровки монитора светимости, при этом разделение вкладов континуума и резонанса в этом канале осуществляется при помощи распределения по полярному углу.

Казалось бы, непосредственно измеренными в работе величинами являются  $\Gamma_{ee} \times B_{hadrons}$  и  $\Gamma_{ee} \times B_{ee}$ , поэтому в статье можно было бы приводить только их значения и предоставить PDG выполнить общую подгонку для извлечения полной ширины и относительных вероятностей распадов  $J/\psi$ -мезона с учетом всех имеющихся измерений. Кроме точных результатов КЕДР имеются также измерения  $\Gamma_{ee} \times B_{\mu\mu}$  при помощи ISR-процесса в экспериментах BaBar, CLEO и BESIII, а также непосредственные измерения относительных вероятностей распадов в лептоны на BESIII с использованием распадов  $\psi(2S)$ -мезона. Однако, к сожалению, PDG не делает таких общих подгонок для  $J/\psi$ -мезона; вместо этого просто усредняются те величины, которые представлены в экспериментальных работах. Поэтому решение включить в публикацию “независимое” извлечение полной ширины, парциальных ширин и относительных вероятностей распадов является обоснованным.

Поскольку ошибки в измеренном ранее отношении  $\Gamma_{ee}/\Gamma_{\mu\mu}$  вносят пренебрежимо малый вклад в неточность результатов, решение не включать мюонный канал в анализ

также выглядит удачным.

Замечания.

1. Имеется ли в электронном канале фон от адронных событий?

2. Достаточна ли статистика в угловых распределениях в электронном канале для использования подгонки  $\chi^2$ ? (особенно для точек вне пика). Не лучше ли использовать подгонку, основанную на правдоподобии?

**В главе 5** представлено изучение систематических погрешностей. Замечательно, что систематике уделено много внимания - отдельная глава. Рассмотрены теоретические неопределенности, в частности, связанные с интерференцией в адронном канале, неточности в измерении светимости, неопределенности, связанные с моделированием детектора и работой коллайдера. Особое внимание уделено настройке генератора для моделирования адронных событий. По-видимому, именно сложность моделирования объясняет то, что адронный канал не изучался с 1995 года. Выполнено детальное графическое сравнение с предыдущими измерениями и мировыми средними значениями.

Замечания. На стр. 92 упоминается: “измеренные моды распада на стабильные лептоны составляют всего 30.5% ...”. Вместо “лептоны” должно быть “адроны”.

**В Заключении** еще раз просуммированы представленные в диссертации результаты.

Работа хорошо структурирована, имеет удачный баланс между объемом разных частей. Диссертация написана лаконично, однако с достаточным для понимания уровнем подробностей. Отмеченные выше недостатки не снижают высокий уровень работы и ценность полученных результатов. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертация Татьяны Александровны Харламовой на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, содержащей важные результаты измерения полной и парциальной ширин J/ψ-мезона, которые 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. Харламова Татьяна Александровна, 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 кварков и лептонов 18 октября 2019 года. Отзыв рассмотрен и утверждён на заседании Учёного совета лаборатории тяжёлых кварков и лептонов, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, 22 октября 2019 года, протокол № 6.

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 подготовил:**

**Мизюк Роман Владимирович,**

доктор физико-математических наук,  
название и шифр специальности: 01.04.23 - физика высоких энергий,  
член-корреспондент Российской академии наук,  
высококвалифицированный главный 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 (903) 7752946

e-mail: mizuk@lebedev.ru

Р.В. Мизюк

22 октября 2019 года.

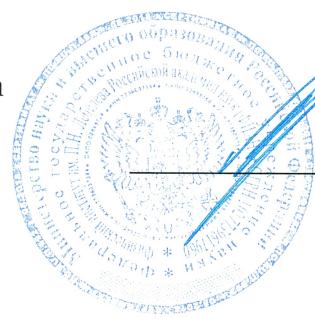
Подпись Р.В. Мизюка заверяю

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