

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации Тьен Тханг Чана «Слабые распады B -мезона и чармония в свете поиска новой физики», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

Исследование процессов слабых распадов адронов представляет большой интерес для проверки стандартной модели электрослабых взаимодействий и поиска возможных отклонений от ее предсказаний, обусловленных дополнительными вкладками так называемой новой физики. В последние несколько лет был обнаружен ряд расхождений экспериментальных измерений от предсказаний стандартной модели на уровне нескольких стандартных отклонений. Это привело к интенсивным поискам возможных проявлений новой физики в экспериментальных данных как на имеющихся, так и планируемых ускорителях. В связи с этим диссертационная работа Т.Т. Чана, посвященная теоретическому изучению слабых распадов B -мезона и чармония в свете поиска новой физики, несомненно является актуальной как для установления ограничений на многочисленные модели новой физики, так и для выявления процессов, в которых ее проявления наиболее вероятны.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во введении изложены цели и задачи исследования, обоснована актуальность рассматриваемых проблем и приведены основные положения, выносимые на защиту. Также представлено краткое описание содержания работы и обсуждена ценность полученных результатов.

В первой главе дано краткое описание ковариантной модели кварков, используемой для проведения дальнейших расчетов. В рамках данной модели проводятся вычисления формфакторов, описывающих адрон-адронные переходы, которые играют ключевую роль в исследовании слабых распадов тяжелых мезонов. Отметим, что зависимость формфакторов от квадрата переданного импульса явно определяется во всей доступной кинематической области, что является несомненным достоинством используемого подхода.

Во второй главе представлены результаты расчетов в рамках стандартной модели относительных вероятностей и других наблюдаемых характеристик лептонных и полулептонных распадов B -мезона: $B \rightarrow \ell^- \bar{\nu}_\ell$ и $\bar{B}^0 \rightarrow D^{(*)} \ell^- \bar{\nu}_\ell$, где $\ell = e, \mu, \tau$. Подробно обсуждено поведение формфакторов, вычисленных в рамках ковариантной модели кварков, и дана их связь с набором спиральных амплитуд, используемых для описания многочастичных распадов. Получено полное угловое распределение в каскадном распаде $\bar{B}^0 \rightarrow D^*(\rightarrow D\pi)\ell^- \bar{\nu}_\ell$, на основе которого определен ряд физических наблю-

даемых, характеризующих полуплептонные распады B -мезона, и приведены результаты их численных расчетов. Расчеты выполнены для случая всех трех поколений лептонов. Подробно обсуждены эффекты конечных масс лептонов в рассматриваемых наблюдаемых. Показано, что такие эффекты в большинстве случаев играют заметную роль.

В третьей и четвертой главах проанализированы возможные эффекты новой физики в распадах $\bar{B}^0 \rightarrow D^* \tau^- \bar{\nu}_\tau$ и $\bar{B}^0 \rightarrow D \tau^- \bar{\nu}_\tau$. В настоящее время в ряде экспериментов обнаружено, что измеренные отношения ширин распадов с участием τ -лептона к ширинам распадов с мюоном на 4σ превосходят предсказания стандартной модели. Данные расхождения могут свидетельствовать о нарушении лептонной универсальности, лежащей в основе формулировки стандартной модели. Поскольку не наблюдается заметных расхождений с ее предсказаниями в случае легких лептонов (электронов и мюонов), логично предположить, что имеются новые взаимодействия в τ -секторе, которые не затрагивают сектор легких лептонов. В диссертации автор расширил набор 4-х фермионных операторов, описывающих взаимодействие кварков с τ -лептонным током, с помощью введения дополнительных операторов, отсутствующих в стандартной модели. К ним относятся операторы, содержащие кварковые векторные токи с правой киральностью, а также операторы, содержащие скалярные, псевдоскалярные и тензорные кварковые токи. Области разрешенных значений новых коэффициентов Вильсона определены с помощью последовательного однопараметрического фитирования экспериментальных данных для отношений относительных вероятностей распадов $R(D^*)$ и $R(D)$. Используя допустимые значения новых коэффициентов Вильсона, получены допустимые коридоры изменений для ряда различных физических наблюдаемых (дифференциальные ширины, параметры асимметрии, поляризации конечных продуктов распадов и т.п.) во всей кинематической области квадрата переданного импульса. В результате данного анализа обнаружен ряд интересных эффектов, при экспериментальном обнаружении которых можно будет утверждать, что в теории должны присутствовать некоторые из предложенных операторов, описывающих новую физику в τ -модах.

В пятой главе вычислены относительные вероятности редких слабых распадов чармония $J/\psi \rightarrow D_{(s)}^{(*)} \ell \nu_\ell$ в рамках ковариантной модели кварков и проведено сравнение полученных результатов с результатами других теоретических исследований, основанных на правилах сумм квантовой хромодинамики и модели кварков на световом конусе. Обсуждены имеющиеся расхождения в предсказаниях, полученных в различных теоретических подходах. В настоящее время имеются лишь верхние, достаточно грубые, экспериментальные оценки для значений ширин таких распадов. Однако на будущих ускорителях возможно рождение гораздо большего числа чармониев и, следовательно, появится возможность более точного измерения относительных вероят-

ностей. Такие измерения представляют дополнительную возможность независимой проверки стандартной модели.

В заключении кратко перечислены основные результаты, полученные в диссертации, которые выносятся на защиту.

В качестве замечаний и пожеланий укажем на следующее.

1. В разделе 2.1. рассмотрены лептонные распады $B^- \rightarrow \ell^- \bar{\nu}_\ell$ в рамках стандартной модели. Было бы интересно изучить влияние новых взаимодействий, введенных при исследовании полулептонных распадов $\bar{B}^0 \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu}_\tau$ в главе 3.1, на лептонный распад $B^- \rightarrow \tau^- \bar{\nu}_\tau$ и получить ограничения на их коэффициенты из экспериментальных данных по этому распаду.
2. Для полноты расчетов, приведенных в Таблице 2.4, было бы интересно наряду с распадами $B \rightarrow \pi \ell \nu$ рассчитать относительные вероятности распадов $B \rightarrow \rho \ell \nu$, для которых имеются экспериментальные данные.
3. В диссертации имеется ряд опечаток и неточных формулировок. Так в главе 1, стр. 16 утверждается "...адрон в начальном состоянии может превращаться в вакуум...", что противоречит закону сохранения энергии. В главе 2.5, стр. 42 сказано "Подробный вывод полного углового распределения распада с помощью d-функций Вигнера приведен в приложении", однако приложения в диссертации отсутствуют. Во вкладе стандартной модели в матричный элемент перехода (3.3) пропущен множитель $(1 - \gamma_5)$ в адронном матричном элементе. Имеются разночтения между экспериментальными данными, приведенными в Таблице 2.5, со значениями на стр. 63.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают научной ценности диссертации, а являются скорее пожеланиями по дальнейшему развитию исследований.

В целом диссертация Т.Т. Чана является завершенным научным исследованием, содержащим новое решение актуальной научной задачи – всестороннее изучение влияния вкладов новой физики в процессы слабых распадов B мезона и чармония. Полученные в диссертации результаты имеют важное практическое значение для экспериментального поиска возможных новых отклонений от предсказаний стандартной модели и проверки теоретических моделей, выходящих за ее рамки. Следует отметить, что проведенный в диссертации расчет эффектов поляризации τ -лептона в распадах $\bar{B}^0 \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu}_\tau$ с учетом вкладов новой физики является одним из наиболее полных и последовательных.

Основные результаты диссертации своевременно опубликованы в ведущих научных

журналах, докладывались на международных и российских конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Тьен Тханг Чан, безусловно заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — теоретическая физика.

«21» августа 2017 г.

Официальный оппонент
Главный научный сотрудник
Института образовательной информатики
ФИЦ «Информатика и управление» РАН
Доктор физ.-мат. наук

В.О. Галкин

Адрес: 119333, Москва, Вавилова, д. 40

Тел.: +7 (499) 135-01-48

e-mail: galkin@ccas.ru

Даю согласие на обработку моих персональных данных любым законодательно разрешенным способом.

Подпись В.О. Галкина заверяю:

Ученый секретарь

Института образовательной информатики
ФИЦ «Информатика и управление» РАН

Доктор технических наук



В.Н. Захаров