

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ имени Д. В. СКОБЕЛЬЦИНА

На правах рукописи

Тлисов Данила Анатольевич

РЕДКИЕ МНОГОЛЕПТОННЫЕ РАСПАДЫ B -МЕЗОНОВ

01.04.23 — физика высоких энергий

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва — 2009

Работа выполнена на кафедре Общей ядерной физики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научны руководители:

доктор физико-математических наук

Д.И. Мелихов

кандидат физико-математических наук

Н.В. Никитин

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

В.О. Галкин (ВЦ РАН), г. Москва

доктор физико-математических наук

А.М. Снигирев (НИИЯФ МГУ), г. Москва

Ведущая организация:

Физический институт академии наук РАН, г. Москва.

Защита диссертации состоится 4 декабря 2009 года в 15 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 501.001.77 при Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова (119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 5, “19 корпус НИИЯФ МГУ”).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына.

Автореферат разослан 29 октября 2009 года

Ученый секретарь

совета по защите докторских и кандидатских диссертаций

доктор физико-математических наук, профессор

С.И. Страхова

1. Общая характеристика работы

Актуальность работы

Одной из целей недавно запущенного ускорителя ЛНС является поиск явлений, выходящих за рамки СМ. Однако - в зависимости от конкретного сценария новой физики, реализуемого в природе - может случиться так, что энергия ЛНС окажется недостаточной для прямого рождения новых частиц. Поэтому необходимо иметь универсальный аппарат для извлечения возможного вклада виртуальных "нестандартных" частиц из распадов частиц СМ. Для такой процедуры редкие распады B -мезонов, в которых вклад "стандартной" физики априори сильно подавлен, представляют собой один из идеальных инструментов поиска физики "новой".

В настоящее время исследование различных характеристик распадов b -адронов является одним из перспективных направлений непрямого поиска эффектов "новой физики" вне рамок Стандартной моделью (СМ). Эти эффекты, в основном, обусловлены вкладами "нестандартных частиц" в петлевые диаграммы рассматриваемых распадов. Индикаторами наличия неучтенных в СМ петлевых вкладов могут служить как эффекты CP -нарушения в распадах B -мезонов, так и дифференциальные распределения в редких распадах b -адронов. Редкие распады b -адронов на партонном уровне обусловлены переходами $b \rightarrow \{d, s\} \{\gamma, \ell^+ \ell^-\}$, которые идут за счет нейтрального тока, нарушающего аромат. Данный ток в СМ возникает начиная с однопетлевого уровня за счет диаграмм типа "пингвин" и "квадратик". Для редких полуплептонных распадов B -мезонов с векторным мезоном в конечном состоянии парциальные ширины имеют порядок $10^{-6} - 10^{-7}$. Парциальные ширины лептонных радиационных распадов находятся в интервале $10^{-8} - 10^{-9}$. В настоящее время наибольшая статистика распадов B -мезонов набрана на B -фабриках BaBar и Belle. В публикациях 2009 года эти коллаборации анонсировали наблюдение 384 и 657 миллионов $B\bar{B}$ -пар соответственно ¹. Подобная статистика позволяет измерять не только парциальные ширины редких полуплептонных и потенциально редких лептонных радиационных распадов, но на статистике в несколько сотен событий изучать дифференциальные характеристики распадов $B \rightarrow (K^*, K)\mu^+\mu^-$. К таким характеристикам относятся распределение по инвариантной димюонной массе и зарядовая лептонная асимметрия $A_{FB}(\hat{s})$. Последнее из указанных распределений особенно чувствительно к вкладам от "нестандартных частиц". Необходимо отметить, что

¹Имеются в виду B^+B^- - и $B_d^0\bar{B}_d^0$ -пары, которых рождается примерно поровну.

последние экспериментальные результаты коллаборации Belle для A_{FB} тяготеют к моделям, в которых знак вильсоновского коэффициента $C_{7\gamma}$ противоположен знаку этого коэффициента в СМ. Однако определенных выводов сделать не возможно, поскольку экспериментальные данные отличаются от предсказаний СМ менее чем на два стандартных отклонения. Результаты коллаборации BaBar имеют меньшую точность, но они коррелируют с данными Belle.

Чтобы прояснить вопрос о величинах и относительных фазах вильсоновских коэффициентов $C_{7\gamma}$, C_{9V} и C_{10A} требуется не только провести измерение A_{FB} при большей статистике, но и изучить другие дифференциальные характеристики, несущие принципиально дополнительную информацию о коэффициентах Вильсона. К таким характеристикам относятся зависящая $A_{CP}^{B_q^0 \rightarrow f}(\tau)$ и не зависящая $A_{CP}^{B_q^0 \rightarrow f}(\hat{s})$ от времени CP -асимметрии. Поскольку эффекты CP -нарушения имеют порядок 10^{-3} , то для изучения CP -асимметрий в редких полуплептонных распадах требуется статистики, превосходящая статистику B -фабрик минимум на два порядка. Такую статистику b -частиц за несколько лет может набрать коллайдер ЛНС. Например, детектор ЛНСб за год будет регистрировать около 10^{12} $b\bar{b}$ -пар, что на четыре порядка больше, чем годовой выход $b\bar{b}$ -пар на B -фабриках. Планируемые Супер B -фабрики будут уступать ЛНСб по годовому выходу $b\bar{b}$ -пар, но иметь преимущество в чистоте наблюдаемого сигнала. Таким образом, введение в строй новых ускорителей перемещает вопрос об измерении CP -асимметрий в редких распадах из области умозрительных рассуждений в практическую плоскость.

Цель диссертационной работы

Целью диссертационной работы является теоретическое изучение редких распадов B -мезонов с лептонами в конечном состоянии. Поскольку эти распады чувствительны к расширением СМ, то сравнение теоретических предсказаний для различных характеристик подобных распадов с новейшими и ожидающимися в ближайшем будущем экспериментальными данными, позволит либо обнаружить эффекты вне рамок СМ, либо поставить новые более жесткие ограничения на совокупность свободных параметров таких моделей.

Для достижения этой цели главными задачами работы были: распространение техники спиральных амплитуд на тензорные и псевдотензорные лептонные и кварковые токи, вычисление спиральных амплитуд, ширин, зарядовой-лептонной асимметрии и асимметрии CP -нарушения в распадах $\{\bar{B}_q^0, B_q^0\} \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$ и $\{\bar{B}_s^0, B_s^0\} \rightarrow \phi \ell^+ \ell^-$ для

комплексных коэффициентов $C_{7\gamma}$, C_{9Veff} , C_{10A} в моделях, где операторный базис аналогичен СМ и сравнение полученных значений для различных относительных фаз вильсоновских коэффициентов, которые как раз и чувствительны к возможной "новой физике".

Следующая задача диссертации состояла в вычислении парциальных ширин четырехлептонных распадов $B_{d,s}^0 \rightarrow \ell^+ \ell^- \nu_\ell \bar{\nu}_\ell$ в СМ, в количественной оценке вклада этих распадов в фон для других редких лептонных распадов $B_{d,s}^0 \rightarrow \ell^+ \ell^-$, а так же в оценке возможности регистрации этих распадов на установках коллайдера ЛНС и на будущих машинах, таких как Супер В-фабрики и Международный линейный коллайдер (ILC);

Получение количественных оценок влияния постоянного магнитного поля и электромагнитных полей в веществе современных детекторов на парциальную ширину распадов $B_{d,s}^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ было еще одной задачей настоящей работы.

Основные результаты диссертационной работы

1. Обобщен метод спиральных амплитуд на тензорные и псевдотензорные лептонные и кварковые токи.
2. Впервые вычислены зависящая и не зависящая от времени CP -асимметрии для редких полулептонных и лептонных радиационных распадов B_q^0 -мезонов с учетом осцилляций нейтральных мезонов.
3. Показана возможность восстановления относительных фаз вильсоновских коэффициентов $C_{7\gamma}$, C_{9V} и C_{10A} при объединении данных по парциальным ширинам, зарядовой лептонной асимметрии A_{FB} , зависящей от времени $A_{CP}^{B_q^0 \rightarrow f}(\tau)$ и не зависящей от времени $A_{CP}^{B_q^0 \rightarrow f}(\hat{s})$ CP -асимметрий в редких полулептонных и лептонных радиационных распадах $\{\bar{B}_q^0, B_q^0\} \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$ и $\{\bar{B}_s^0, B_s^0\} \rightarrow \phi \ell^+ \ell^-$. Показана принципиальная возможность современных и будущих экспериментальных установок по измерению значений этих параметров.
4. Впервые проведена оценка ширин редких четырехлептонных распадов $B_{d,s}^0 \rightarrow \ell^+ \ell^- \nu_\ell \bar{\nu}_\ell$. Показано, что исследование собственно этих процессов на установке ЛНС не представляется возможным ввиду их малых ширин. Тем не менее, установлено, что они являются фоновыми для редкого распада $B_{d,s}^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ - одого из центральных объектов B -физической программы.

5. Впервые проведены вычисления поправок в парциальные ширины редких лептонных распадов B -мезонов за счет внешних классических полей. Показано, что при характерных для современных детектирующих установок напряженностей электрических и магнитных полей подобные поправки малы.

Научная новизна полученных результатов

Полученные теоретические результаты по различным характеристикам редких многочастичных распадам B -мезонов несут необходимую информацию для выяснения возможности регистрации вкладов физики вне Стандартной Модели, существенного уточнения параметров СМ, в частности матричных элементов матрицы смешивания кварковых токов Кабиббо-Кобаяши-Маскава, модулей и относительных фаз вильсоновских коэффициентов, параметров СР нарушения, и наложения ограничений на возможные актуальные теоретических модели, обобщающие СМ, что в свою очередь дает более глубокое понимание фундаментальных законов микромира. Подобные данные в настоящее время отсутствуют для большинства редких многолептонных распадов.

Практическая ценность работы

Полученные данные о величинах сечений, спиральных амплитуд и СР-асимметрий для редких многочастичных распадов дают информацию о том, как устроены такие распады и тем самым позволяют получить численные значения параметров физических моделей за рамками СМ. Изучение редких многолептонных распадов дает сведения об их вкладе в общий фон для других редких распадов B -мезонов, изучаемых на современных экспериментальных установках. Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы при дальнейшем теоретическом анализе проблемы редких многолептонных распадов B -мезонов, для поиска данных распадов на установках Большого адронного коллайдера (ЛНС) и для тонкой экспериментальной проверки СМ. Кроме того, результаты данной работы могут быть использованы при планировании научной программы для новых экспериментальных установок в области физики высоких энергий, таких как Супер B -фабриках и Международного линейного коллайдера (ILC).

Личный вклад автора

Основные результаты, представленные к защите, получены самим автором, либо при его непосредственном участии.

Апробация работы

Основные результаты работы были доложены на различных конференциях и школах:

1. The XVIIIth International Workshop "High Energy Physics and Quantum Field Theory" (QFTHEP'2004), St. Petersburg, 17-23 June, 2004.
2. Ломоносовские чтения-2005, Москва, 17-28 апреля, 2005.
3. 9th International Moscow School Of Physics (34th ITEP Winter School Of Physics), Moscow, February 21 - March 1, 2006.
4. Ломоносовские чтения-2007, Москва, 16-26 апреля, 2007
5. Научная сессия-конференция секции Ядерной Физики Отделения Физических Наук Российской Академии Наук "Физика фундаментальных взаимодействий", Москва, 26 - 30 ноября 2007.
6. Ломоносов-2008, Москва, 8 - 12 апреля 2008.
7. 14 Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых, Уфа, 26 марта - 3 апреля 2008
8. XIII International Conference Selected Problems Of Modern Theoretical Physics, Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, Dubna, Russia, June 23-27, 2008.
9. International Conference on Particles And Nuclei (PANIC08), Eilat, Israel, 9-14 of November, 2008.
10. Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине, Москва, 23-24 ноября, 2008.
11. 12th International Moscow School Of Physics (37th ITEP Winter School Of Physics), Moscow, 09-16 February, 2009.

Публикации

Перечень опубликованных работ по теме диссертации приведен в конце автореферата.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 138 страниц, включая 11 таблиц, 22 рисунка и список цитированной литературы из 74 наименований.

II. Содержание работы

Во **Введении** представлена общая характеристика диссертационной работы, анализируется актуальность темы проводимого исследования, а также дается краткое описание содержания глав диссертации. Введение состоит из 4 разделов.

В разделе **Трудности Стандартной модели** даются представление о Стандартной модели, указываются трудности СМ.

В разделе **Редкие распады В-мезонов** обсуждаются нейтральные токи, нарушающие аромат, дано определение редких распадов, приведены примеры редких распадов и их характерные парциальные ширины.

Раздел **Эксперимент LHC в CERN** посвящен экспериментальным данным по редким распадам на различных уже существующих машинах (Tevatron, BaBar и Belle). Дан краткий обзор детекторов (LHCb, ATLAS, CMS) на готовящемся к запуску коллайдере LHC в CERNe (Женева, Швейцария) и обсуждены их особенности и возможности по регистрации редких распадов.

В разделе **Актуальность, цели и структура работы** обсуждается актуальность работы, ставятся ее цели и кратко описывается структура диссертации.

В **первой главе** диссертационной работы осуществляется подробное обсуждение формализма построения общего эффективного гамильтониана переходов $b \rightarrow q$. Первая глава состоит из трех разделов.

В **разделе 1** гл. I дается краткое описание разложения Вильсона для эффективных гамильтонианов и рассматриваются известные эффективные гамильтонианы переходов $b \rightarrow q\gamma$ и $b \rightarrow q\ell^+\ell^-$ в СМ. Обсуждается физический смысл вильсоновских коэффици-

ентов и базисных операторов. Указывается что эти гамильтонианы могут не подходить для описания возможной физики вне СМ.

Раздел 2 гл. I содержит формализм построения модельнонезависимого гамильтониана переходов $b \rightarrow q\ell^+\ell^-$. В § 1.2.1 рассмотрены общие положения техники разложения вильсона и эффективного гамильтониана. В § 1.2.2 выписаны лептонные токи, исходя из все возможных лоренцевских структур, а в § 1.2.3 - кварковые. В § 1.2.4 найдены все возможные произведения кварковых и лептонных токов, а так же сделано упрощение получившихся структур. В § 1.2.5 выписан явный вид общего эффективного гамильтониана переходов $b \rightarrow q\ell^+\ell^-$.

В **разделе 3** первой главы обсуждается общий модельнонезависимый эффективный гамильтониан переходов $b \rightarrow q\gamma$.

Во **второй главе** дается обзор спирального представления в квантовой теории.

Раздел 1 гл. II посвящен решению уравнения Дирака в спиральном представлении. В § 2.1.1 представлено решение для частиц. В § 2.1.2 – для античастиц. В § 2.1.3 выписаны некоторые полезные формулы для удобства дальнейших вычислений.

В **разделе 2** гл. II выписан явный вид векторов поляризации векторных мезонов и фотона в спиральном представлении.

В **Раздел 3** гл. II найдены явные выражения для компонентов лептонных токов в спиральном представлении: в § 2.3.1 для скалярного, в § 2.3.2 для псевдоскалярного, в § 2.3.3 – векторного, в § 2.3.4 – аксиального, § 2.3.5 – тензорного и в § 2.3.6 – псевдотензорного. Две последние компоненты лептонного тока вычислены впервые в данной работе.

В **третьей главе** настоящей работы проводится построение спиральных амплитуд для редких распадов $\{\bar{B}_s^0, B_s^0\} \rightarrow \phi\ell^+\ell^-$ и $\{\bar{B}_q^0, B_q^0\} \rightarrow \gamma\ell^+\ell^-$.

В **разделе 1** гл. III строятся спиральные амплитуды распада $\{\bar{B}_s^0, B_s^0\} \rightarrow \phi\ell^+\ell^-$. В § 3.1.1 рассматривается общее описание распада $\bar{B}_s^0 \rightarrow \phi\ell^+\ell^-$. В этом параграфе выписан матричный элемент для этого распада, сделан удобный выбор кинематики и обсуждены формфакторы перехода $\bar{B} \rightarrow \phi$. В § 3.1.2 выписаны конечные выражения для спиральных амплитуд распада $\bar{B}_s^0 \rightarrow \phi\ell^+\ell^-$. В § 3.1.3 описывается распад $B_s^0 \rightarrow \phi\ell^+\ell^-$. Здесь обсуждено применение операции зарядового сопряжения к распаду $\bar{B}_s^0 \rightarrow \phi\ell^+\ell^-$, найдены как изменяются формфакторы и коэффициенты вильсона при переходе от рас-

пада \bar{B} к распаду B -мезона. В § 3.1.4 выписаны конечные выражения для спиральных амплитуд распада $B_s^0 \rightarrow \phi \ell^+ \ell^-$.

В **разделе 2** гл. III строятся спиральные амплитуды распада $\{\bar{B}_q^0, B_q^0\} \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$. В § 3.2.1 выписан матричный элемент для распада $\bar{B}_q^0 \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$, описана кинематика и обсуждены формфакторы перехода $\bar{B} \rightarrow \gamma$. Кроме того в данном параграфе обсуждена важность учета вкладов тормозного излучения и слабой аннигиляции. Данные вклады отсутствуют в редких полулептонных распадах, таких как $\{\bar{B}_s^0, B_s^0\} \rightarrow \phi \ell^+ \ell^-$. В § 3.1.2 выписаны конечные выражения для спиральных амплитуд распада $\bar{B}_s^0 \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$. В § 3.1.3 описывается распад $B_s^0 \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$. Здесь найдены как изменяются формфакторы переходов $\bar{B} \rightarrow \gamma$ и коэффициенты вильсона при переходе от распада \bar{B} к распаду B -мезона. Наконец, в § 3.1.4 выписаны конечные выражения для спиральных амплитуд распада $B_s^0 \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$.

Четвертая глава посвящена вычислению зарядовой лептонной и индуцированной осцилляциями CP-асимметриям.

В **разделе 1** гл. IV обсуждается зарядовая лептонная асимметрия A_{FB} . В § 4.1.1 выписаны основные определения и формулы для A_{FB} . В § 4.1.2 найдены явные выражения для зарядовой лептонной асимметрии для полулептонных редких распадов $\{\bar{B}_s^0, B_s^0\} \rightarrow \phi \ell^+ \ell^-$. В § 4.1.3 найдено аналогичное выражение для редких радиационных распадов $\{\bar{B}_q^0, B_q^0\} \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$.

В **разделе 2** гл. IV обсуждается CP-асимметрия. В § 4.2.1 выписаны основные определения и формулы для зависящей от времени $A_{CP}(\tau)$ и не зависящей от времени $A_{CP}(\hat{s})$, объяснено в чем преимущество каждого вида данной асимметрии. В § 4.2.2 найдены явные выражения для CP-асимметрий для полулептонных редких распадов $\{\bar{B}_s^0, B_s^0\} \rightarrow \phi \ell^+ \ell^-$. В § 4.1.3 найдено аналогичное выражение для редких радиационных распадов $\{\bar{B}_q^0, B_q^0\} \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$.

Раздел 3 гл. IV посвящен численным результатам. В § 4.3.1 зафиксированы параметры, которые использовались для вычислений. § 4.3.2 содержит графики для зарядовой лептонной асимметрии для различных знаков вильсоновских коэффициентов для редких полулептонных и радиационных распадов (рис. 1). § 4.2.2 содержит графики для не зависящей от времени $A_{CP}(\hat{s})$ CP-асимметрий (рис. 2) и зависящей от времени $A_{CP}(\tau)$ (рис. 3).

В заключительном **4-м разделе** главы IV подводятся совокупные итоги численного

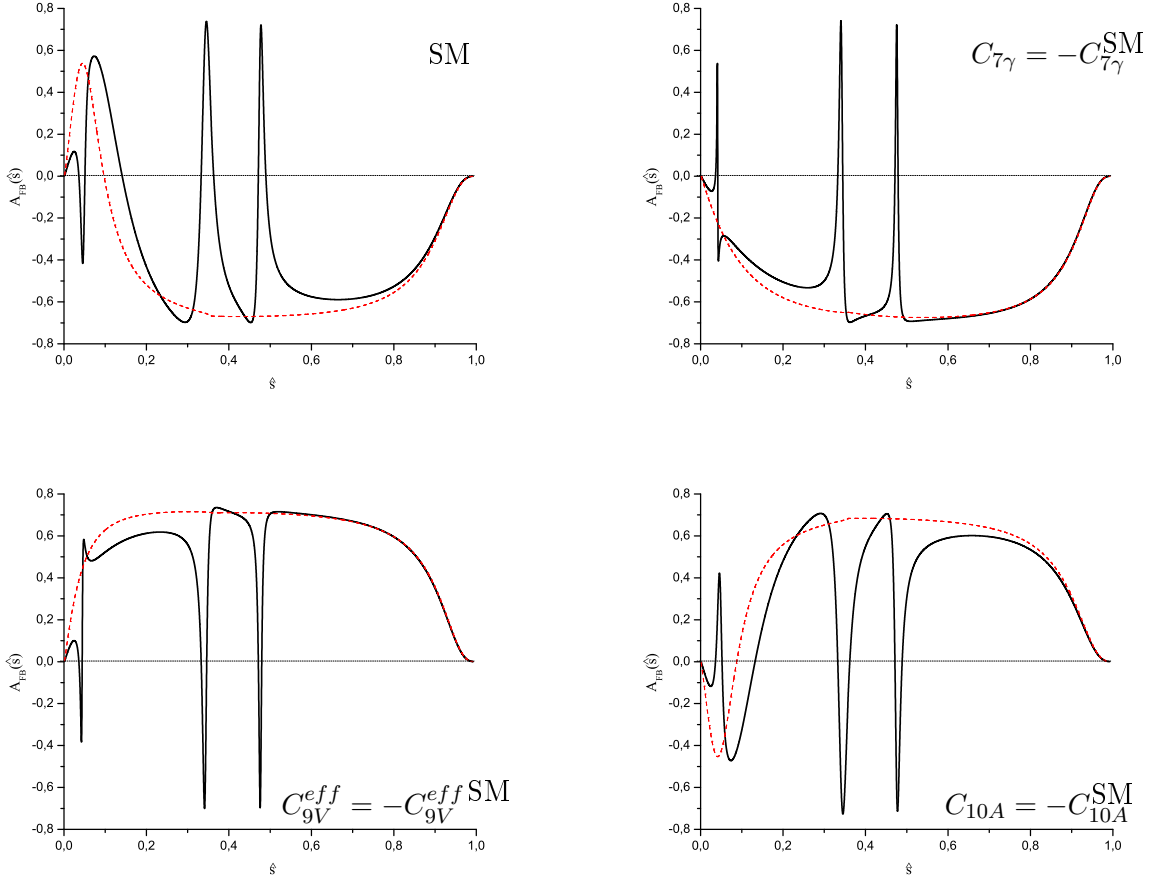


Рис. 1: Зарядовая лептонная асимметрия $A_{FB}(\hat{s})$ для распада $\{\bar{B}_s^0, B_s^0\} \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$ при различных значениях знаков коэффициентов Вильсона $C_{7\gamma}$, C_{9V}^{eff} , C_{10A} относительно СМ. Сплошная линия соответствует учету всех вкладов, пунктирная – без учета вкладов резонансов.

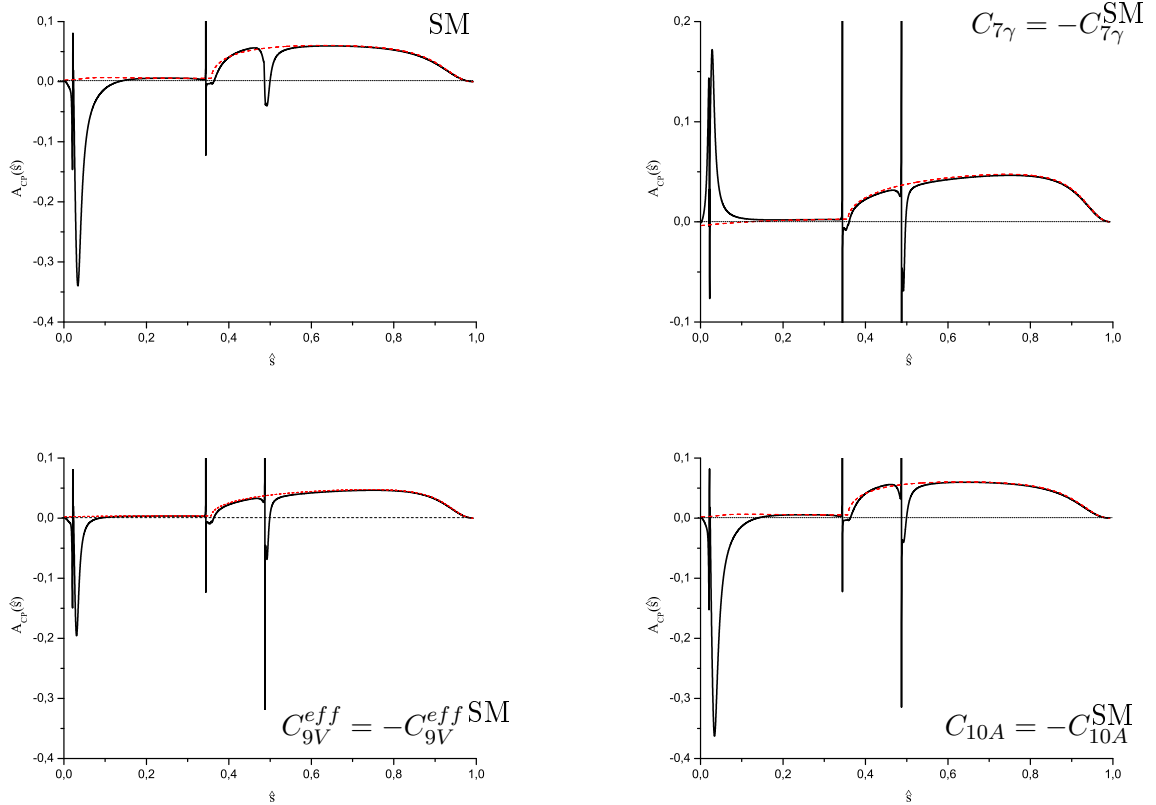


Рис. 2: Не зависящая от времени CP-асимметрия $A_{CP}(\hat{s})$ для распада $\{\bar{B}_d^0, B_d^0\} \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$ при различных значениях знаков коэффициентов Вильсона $C_{7\gamma}$, C_{9V}^{eff} , C_{10A} относительно SM. Сплошная линия соответствует учету всех вкладов, пунктирная – без учета вкладов резонансов.

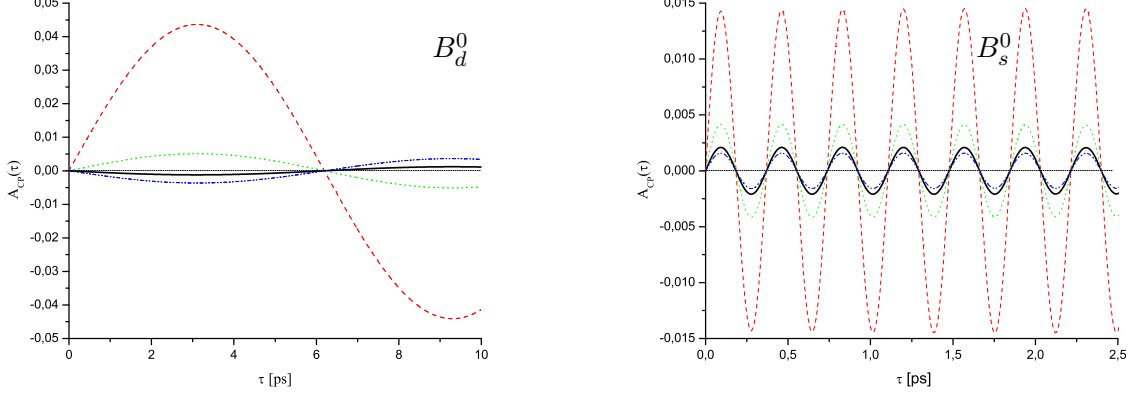


Рис. 3: Зависящая от времени CP-асимметрия $A_{CP}(\tau)$ для распадов $\{\bar{B}_d^0, s, B_d^0, s\} \rightarrow \gamma \ell^+ \ell^-$ при различных значениях знаков коэффициентов Вильсона $C_{7\gamma}, C_{9V^{eff}}, C_{10A}$ относительно СМ. Сплошная линия соответствует СМ, пунктирная – $C_{7\gamma} = -C_{7\gamma}^{\text{SM}}$, точка – $C_{9V^{eff}} = -C_{9V^{eff}}^{\text{SM}}$, пунктир точка точка – $C_{10A} = -C_{10A}^{\text{SM}}$.

анализа и обсуждается возможность определения относительных фаз вильсоновских коэффициентов $C_{7\gamma}, C_{9V^{eff}}, C_{10A}$.

В **главе пять** обсуждаются редкие четырехлептонные распады $B_q^0 \rightarrow \ell^+ \ell^- \nu_\ell \bar{\nu}_\ell$.

В **разделе 1** гл. V описаны определения, матричный элемент, предположения и описание выбранной модели доминантности векторных мезонов для получения ширины редких четырехлептонных распадов нейтральных B -мезонов, выписана явная формула для распадов $B_q^0 \rightarrow \ell^+ \ell^- \nu_\ell \bar{\nu}_\ell$.

$$\Gamma = \frac{G_F^4 \lambda^{1/2}}{2^{10} 9 \pi^5 M_1^3} \int_0^{M_1^2} ds_2 \int_0^{(M_B - \sqrt{s_2})^2} ds_1 \times$$

$$\times \left[|a|^2 2s_1 s_2 \lambda + |b|^2 (12s_1 s_2 + \lambda) + |c|^2 \lambda^2 + \text{Re}(bc) 2\lambda (s_1 + s_2 - M_1^2) \right]$$

где:

$$a = \sum_R V_{ub} V_{uq}^* \frac{2M_R f_R g(s_1)}{s_2 - M_R^2 + i\Gamma_R M_R}$$

$$b = \sum_R V_{ub} V_{uq}^* \frac{M_R f_R f(s_1)}{s_2 - M_R^2 + i\Gamma_R M_R}$$

$$c = \sum_R V_{ub} V_{uq}^* \frac{M_R f_R a_+(s_1)}{s_2 - M_R^2 + i\Gamma_R M_R}$$

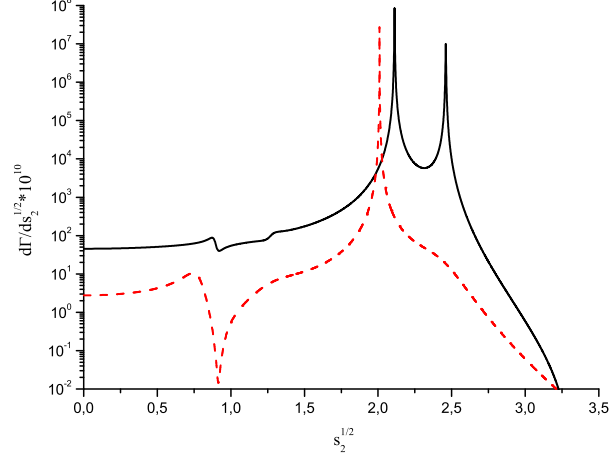


Рис. 4: Дифференциальная ширина четырехлептонных распадов. Сплошная линия – $B_d^0 \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \mu^- \bar{\nu}_\mu$, пунктирная – $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \mu^- \bar{\nu}_\mu$

здесь M_R , Γ_R и f_R – массы, ширины и лептонные константы соответствующих резонансов, s_1 и s_2 – мандельштамовские переменные распада 1 в 4, $\lambda = \lambda(s_1, s_2, M_1^2)$ – триангулярная функция, а f , g , a_+ – соответствующие формфакторы переходов $B \rightarrow V$.

Раздел 2 гл. V содержит численные результаты. В этом разделе приводятся список всех вносящих вклад в ширину распада $B_q^0 \rightarrow \ell^+ \ell^- \nu_\ell \bar{\nu}_\ell$, список мезонов, вносящих основной вклад, а так же приводятся график дифференциального распределения $d\Gamma(B_q^0 \rightarrow \ell^+ \ell^- \nu \bar{\nu})/d\sqrt{s_2}$ от $\sqrt{s_2}$ (рис. 4) и значения для парциальных ширин $B_{d,s}^0$ в четыре лептона:

$$Br(B_d^0 \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \mu^- \bar{\nu}_\mu) = 7 \cdot 10^{-10}$$

$$Br(B_s^0 \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \mu^- \bar{\nu}_\mu) = 2.7 \cdot 10^{-9}$$

В заключительном **разделе 3** гл. V обсуждается распад $B_q^0 \rightarrow \ell^+ \ell^- \nu_\ell \bar{\nu}_\ell$ как фон к другому редкому лептонному распаду $B_q^0 \rightarrow \ell^+ \ell^-$. Рассматривается возможность наблюдения редкого распада $B_q^0 \rightarrow \ell^+ \ell^- \nu_\ell \bar{\nu}_\ell$ на современных и будущих установках.

В **шестой главе** рассматривается редкий лептонный распад $B_q^0 \rightarrow \ell^+ \ell^-$ во внешнем электромагнитном поле.

В **разделе 1** гл. VI кратко описан распад $B_q^0 \rightarrow \ell^+\ell^-$ в отсутствии внешнего поля. Приводится явная формула для ширины распада в этом случае.

В **разделе 2** гл. VI содержится описание решения Волкова для Дирака для бозонов и фермионов, находящихся во внешнем классическом электромагнитном поле.

В **разделе 3** гл. VI найдена точная формула для распада $B_q^0 \rightarrow \ell^+\ell^-$ во внешнем классическом электромагнитном монохроматическом плосковолновом поле.

Разделы 3 и 4 гл. VI посвящены ультррелятивистскому приближению и приближению слабого поля. Сделан вывод о том, что на современных установках влиянием постоянного магнитного поля и электромагнитного поля в веществе детектора на ширину распадов $B_q^0 \rightarrow \ell^+\ell^-$ можно пренебречь.

Заключение содержит основные результаты, полученные в диссертационной работе.

III. Список публикаций по теме диссертации

1. *K. Toms, N. Nikitine, S. Sivoklokov, L. Smirnova, D. Tlisov*, Rare Muonic B-Decays at ATLAS //In proceedings of the Twelfth Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics, Moscow, 2006, pp.318-325.
2. *N. Nikitin, S. Sivoklokov, M. Smizanska, D. Tlisov, K. Toms*, Backgrounds for rare muonic B-meson decays in ATLAS //ATL-PHYS-PUB-2007-009; ATL-COM-PHYS №2006-086.
3. *Н.В. Никитин, С.Ю. Сивоклоков, Л.Н. Смирнова, Д.А. Тлисов, К.С. Томс*, Возможность регистрации редких мюонных распадов В-мезонов на установке ATLAS при работе ускорителя ЛНС в режиме начальной светимости //Яд.Физ. т. 70, №12, 2007, стр. 2136-2152; Phys.At.Nucl. Vol. 70, №12, 2007, pp.2086-2102.
Н.В. Никитин, С.Ю. Сивоклоков, Л.Н. Смирнова, Д.А. Тлисов, К.С. Томс, Возможность использования первых данных установки ATLAS для изучения распадов $B_{d,s}^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ //Препринт НИИЯФ МГУ №2006-5/804.
4. *Д.А. Тлисов*, Редкие распады В-мезонов во внешнем электромагнитном поле //Материалы Материалы 14 Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых уччных (27 марта - 3 апреля 2008 г.), Уфа, 2008, стр. 290-291.

5. *Д.А. Тлисов*, Спиральные амплитуды и CP-асимметрия редких распадов B-мезонов //Труды конференции "Ломоносов-2008", секция "Физика", подсекция "Атомная и ядерная физика", Москва, 2008, стр. 19.
6. *Д.И. Мелихов, Н.В. Никитин, Д.А. Тлисов*, Четырехлептонные распады B-мезонов //Труды IX межвузовской научной школы молодых специалистов "Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине" под редакцией Б.С. Ишханова и Л.С. Новикова, Изд. МГУ, Москва, 2008, стр. 209-212.

Тлисов Данила Анатольевич

РЕДКИЕ МНОГОЛЕПТОННЫЕ РАСПАДЫ *B*-МЕЗОНОВ

Автореферат

Работа поступила в ОНТИ 28.10.09

Тираж 100 экз. Заказ №328

Отпечатано в типографии КДУ

Тел./факс: (495) 939-57-32. E-mail: press@kdu.ru