

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Мизюка Романа Владимировича

Кварконий и кваркониеподобные состояния ,

представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности

01.04.23 – физика высоких энергий.

Диссертация посвящена исследованию состояний со скрытым "очарованием" или "прелестью" в e^+e^- соударениях при энергии В-фабрики КЕК-В. Общеизвестно, что изучение таких частиц проводилось со времени "революции" 74-го года прошлого столетия и принесло массу открытий: это открытие семейства J/ψ -частиц, то есть, открытие с-кварка, изучение семейства Υ и т.д.. Этот метод исследования получил неожиданное "второе дыхание" в последние годы, благодаря существенному увеличению светимости КЕК-В и новых идей, связанных с изучением $c\bar{c}$ состояний в распадах В-мезонов и $b\bar{b}$ -состояний в каскадных распадах $\Upsilon(nS)$.

Упомянутые обстоятельства определяют актуальность и новизну исследования. Диссертация Р.В. Мизюка выполнена на статистике, набранной на установке Belle, которая является мировым лидером в этой области науки. Это определяет высокий научный уровень диссертации.

Остановлюсь кратко на содержании работы и на наиболее важных и интересных, с моей точки зрения, результатах диссертации. Диссертация состоит из введения, девяти глав и заключения.

Во **Введении** обсуждается мотивация выбранной темы диссертации, перечислены основные результаты и их расположение по главам.

В **Первой главе** диссертации представлены основные теоретические результаты по узким состояниям чармония и боттомония, лежащим ниже порога $D\bar{D}$ и $B\bar{B}$ соответственно. Излагается и история открытия уровней чармония и боттомония. Рассматриваются предсказания на массы и величину расщепление состояний в потенциальных моделях, спектральных методах, вычислениях на решетке. Приводятся формулы для вычисления ширины электромагнитной и глюонной аннигиляций, радиационных переходов и адронных переходов между состояниями кваркония.

Замечания: Изучение этой главы можно было облегчить приведя схему уровней чармония и боттомония.

Вторая глава дает краткое описание истории открытия и изучения X,Y,Z -состояний и их возможной интерпретации.

Замечания: Представленный здесь материал "не тянет" на отдельную главу, его можно было сделать параграфом первой главы.

В главе 3 описывается установка Belle, на которой получены все экспериментальные результаты диссертации.

Замечания: Схема установки (Рис.3.2) слишком мелкая, не видны надписи; не показан детектор светимости; стрелки сбились и неправильно указывают на детекторы; на стр. 41, 10 строка снизу полярный угол назван азимутальным; В Таблице 3.1 неправильно указана зависимость разрешения дрейфовой камеры от поперечного импульса: надо $\sim \sqrt{p_t^2 + 1}$; Общеизвестный перевод "fine mesh PMT's" на русский - "сеточные ФЭУ" или "ФЭУ с сеточными диодами". (параграф 3.2.3); Параграф 3.2.4 вместо "Экранирование модулей" надо "Светоизоляция модулей"

С Четвертой главы начинается основная часть диссертации, в которой излагаются конкретные физические результаты, полученные автором. Тема этой главы- обнаружение состояний боттомония $h_b(1P)$ и $h_b(2P)$. Эти состояния очень трудно обнаружить, так-как из-за их отрицательной С-четности запрещены переходы из вышележащих Υ с испусканием фотона. Положительные результаты были получены весьма неожиданным способом- по наблюдению пиков в спектре недостающих масс к $\pi^+\pi^-$ системе при $\sqrt{s} = M_{\Upsilon(5S)}$. Пики обнаружены на гигантском комбинаторном фоне. Это оказалось возможным благодаря высокой статистике и хорошему разрешению по массе. За этим стоит еще и аномально большая вероятность распада $\Upsilon(5S) \rightarrow h_b\pi^+\pi^-$, причины которой объясняются в последующих главах. Эта работа инициировала новое направление исследований- адронные распады $\Upsilon(5S)$ в более легкие состояния боттомония.

Замечание: $Y(4260)$ несколько раз ошибочно называется $Y(2460)$ (стр.55)

Пятая глава является естественным развитием предыдущей главы и описывает обнаружение состояния $\eta_b(2S)$ и распадов $h_b(nP) \rightarrow \eta_b(1S)\gamma$. Эти переходы были обнаружены весьма трудоемким способом: проводилось фитирование спектров недостающих масс к $\pi^+\pi^-$ системе при $\sqrt{s} = M_{\Upsilon(5S)}$ для полос шириной 10 МэВ по недостающей массе к системе $\pi^+\pi^-\gamma$. Таких спектров- сотни! В результате найдено новое состояние и два новых радиационных перехода. Дополнительные усилия потрачены на опровержение работы CLEO, в которой сообщалось о наблюдении $\eta_b(2S)$. В конце главы содержится интересный анализ, касающийся вычисления статистической значимости наблюдения $\eta_b(2S)$.

Замечание: Надо было бы привести одну-две картинку показывающие фит по $MM_{\pi^+\pi^-}$

в области сигнала и вне нее; Для усиления сигналов от h_b используется отбор по недостающей массе к $\pi^+(\pi^-)$ в области Z_b , который недостаточно обосновывается: надо было сослаться на результаты Главы 6; подробно описывается процедура определения систематического сдвига в энергии фотона и в разрешении по энергии фотона, но не поясняется, как эти результаты используются.

В Шестой главе автор переходит к наиболее "интригующей" части диссертации, в которой рассказывает об обнаружении кандидатов в экзотические состояния. Эти состояния проявляются, как резонансы в системах $\Upsilon(nS)\pi$ $n=1,2,3$ и $h_b(nS)\pi$ $n=1,2$. Сочетание изоспина и скрытой прелести однозначно указывает на экзотическую природу этих объектов. В результате этого исследования были обнаружены два объекта Z_b и Z'_b . Они наблюдались в пяти каналах. В конце главы представлен анализ природы этих состояний, который также базируется на опубликованной работе, вошедшей в диссертацию. Это показывает кругозор автора и высокую квалификацию.

Замечание: Для полноты картины интересно было бы узнать о поиске аналогичных экзотических состояний в системе $\chi_b\pi^\pm$, которая имеет другую G-четность.

Седьмая и Восьмая главы посвящены обнаружению резонансных структур в каналах $\chi_{c1}\pi^+$ и $\psi(2S)\pi^+$. Это тоже экзотика, но в системе чармония. Здесь применялся другой метод, основанный на анализе Далиц-плота, при этом использовались полностью реконструированные события. В итоге обнаружены два состояния в системе $\chi_{c1}\pi^\pm$, правда весьма широкие $\Gamma \sim 100$ МэВ. Изучение системы $\psi(2S)\pi^+$ имеет долгую историю, в диссертации представлена работа, в которой проведен амплитудный анализ диаграммы Далица, по аналогии с $\chi_{c1}\pi^\pm$. В результате было подтверждено состояние $Z(4430)$, которое также имеет изоспин и скрытое очарование - то есть является экзотическим. Ширина его также большая - $\Gamma \sim 100$ МэВ. Важно, что этот результат был подтвержден на большей статистике экспериментом LHCb.

В Девятой главе обсуждаются полученные результаты.

В заключении перечислены в краткой форме основные результаты, полученные в диссертации.

Диссертация содержит очень большой экспериментальный материал, девять глав - это много даже для докторской диссертации. Полученные результаты выглядят весьма убедительно и характеризуют диссертанта как зрелого физика высокой квалификации.

Отдельные перечисленные недостатки ни в коей степени не снижают высокого уровня диссертации. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Следует подчеркнуть общий высокий уровень работы, актуальность и научная новизна которой не вызывают сомнений. Все полученные результаты опубликованы. Всего по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них 13 в ведущих реферируемых журналах

из списка ВАК. Очевиден большой, решающий вклад автора в работы, вошедшие в диссертацию. Это подтверждается, в частности, положением фамилии диссертанта в голове авторского списка сотрудничества Belle в основных работах, вошедших в диссертацию. Диссертация Р.И. Мизюка является законченным научным исследованием, в котором получены новые фундаментальные результаты по физике элементарных частиц. Результат по наблюдению экзотических состояний Z_b является выдающимся и безусловно открывает новое направление в физике элементарных частиц. Считаю, что диссертация Р.И. Мизюка безусловно удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий, а ее автор заслуживает присуждения этой степени.

доктор физ.-мат. наук, член-кор. РАН, г.н.с. ФГБУ ГНЦ ИФВЭ,
142281 г.Протвино, Московской обл., площадь Науки, дом.1,
тел.+74967744419, Vladimir.Obraztsov@ihep.ru

Владимир Фёдорович Образцов

01.12.2014

Подпись В. Ф. Образцова удостоверяю
учёный секретарь ИФВЭ



Н.Н.Прокопенко
Н.Н.Прокопенко