

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Соловьевой Елены Игоревны «Изучение странных очарованных барионов и первое обнаружение барионного распада  $V_s^0$ », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий**

Основными целями, положенными в основу диссертационной работы Е.И.Соловьевой, являются измерение массы очарованного дважды странного бариона  $\Omega_s^0$ , поиск барионного распада  $V_s^0$  мезона и измерение вероятности этого распада. Новая информация о свойствах очарованных барионов, более точные экспериментальные данные необходимы для проверки различных теоретических моделей и для более глубокого понимания квантовой хромодинамики при низких и промежуточных энергиях. Актуальность этих исследований, их новизна и научная значимость не вызывает сомнений.

Во Введении диссертации обосновывается актуальность исследования, сформулированы основные цели и кратко описана структура диссертации. Первая глава посвящена современной классификации очарованных барионов, а также представлен обзор экспериментальных данных по возбужденным барионным состояниям. В главе 2 рассмотрены трехчастичные барионные распады  $V$ -мезонов. Особое внимание уделено пороговому эффекту и различным теоретическим моделям, в которых дается объяснение этого эффекта. В третьей главе упоминается о начале экспериментальных исследований  $V_s$ -мезонов на LEP, затем на Теватроне. Детальное изучение физики  $V_s$ -мезонов было успешно продолжено на асимметричных  $V$ -фабриках при энергии в центре масс сталкивающихся электронов и позитронов 10.58 ГэВ, соответствующей массе резонанса  $\Upsilon(5S)$ .

Глава 4 посвящена описанию эксперимента Belle в КЕК (Япония). Подробно рассмотрен ускоритель КЕКВ, приведены его основные характеристики: энергия сталкивающихся электронов и позитронов, технические характеристики, полученная светимость. Автор подробно описал детектор Belle, его конструкцию и основные свойства и параметры. Это комплекс трековых детекторов заряженных частиц, состоящий из кремниевого вершинного детектора и дрейфовой камеры CDC, находящихся в соленоидальном магнитном поле 1.5 Т, аэрогельный черенковский счетчик и время-пролетные счетчики, которые обеспечивали надежную идентификацию каонов и пионов в диапазоне импульсов 0.5 – 4.5 ГэВ/с. Также описан электромагнитный калориметр на основе кристаллов CsI(Tl), обладающий энергетическим разрешением около 4% при энергии фотонов 100 МэВ и разрешением инвариантной массы нейтральных пионов около 4.5 МэВ/с<sup>2</sup>. Также представлено описание мюонного детектора, идентифицирующего нейтральные каоны и мюоны с импульсом выше 600 МэВ/с.

В главе 5 представлен подход к анализу экспериментальных данных, который был применен для измерения массы  $\Omega_c^0$  - бариона. Для этого использовалась статистика, соответствующая интегральной светимости  $605 \text{ фб}^{-1}$  при энергии, соответствующей массе  $\Upsilon(4S)$  резонанса, и в точке на  $60 \text{ МэВ}$  ниже со светимостью  $68 \text{ фб}^{-1}$ . Подробно описана процедура анализа и изучены систематические ошибки. В результате было получено наиболее точное значение массы  $\Omega_c^0$  - бариона, которое хорошо согласуется с предыдущими измерениями. Была также измерена разность масс между  $\Omega_c^0$  и его первым возбужденным состоянием  $\Omega_c^{*0}$ . В главе 6 описан анализ данных, набранных при энергии  $\Upsilon(5S)$  резонанса. Основной задачей этого анализа был поиск распада  $V_s^0$ -мезона с очарованным барионом в конечном состоянии  $\bar{B}_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda} \pi^-$ . Было проанализировано около  $10^7$  распадов  $V_s^0$  - мезонов. Для этого использовались стандартные критерии отбора событий, которые применялись в детекторе Belle при анализе барионных распадов В-мезонов. Автор подробно останавливается на деталях анализа. Эффективность восстановления событий составила от 6% до 12% для различных каналов распадов. В результате впервые был обнаружен барионный распад  $\bar{B}_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda} \pi^-$  со статистической значимостью  $4.4\sigma$  и была измерена вероятность этого распада. В Заключение сформулированы основные результаты и выводы диссертации.

Хотелось бы особо отметить наиболее интересные результаты, полученные Е.И. Соловьевой. Автором диссертации была разработана методика анализа, позволившая получить наиболее точное на сегодняшний день значение массы  $\Omega_c^0$  бариона и получен этот результат. Базируясь на накопленной статистике около  $120 \text{ фб}^{-1}$  при энергии  $\Upsilon(5S)$  резонанса, автором был выполнен скрупулезный анализ, изучена систематика и обнаружен первый и пока единственный барионный распад  $V_s^0$  мезона.

В диссертационной работе Е.И.Соловьевой, однако, есть определенные недостатки. 1. В диссертации не формулируется четко физическая мотивация: в чем состоит ценность полученных результатов? Есть общие слова о тесте различных теоретических моделей, например, стр.75, но автор не указывает каких конкретно. 2. Мне представляется, что слишком много место в диссертации уделено описанию детектора, около 20% объема диссертации. Поскольку автор не принимал участия в его создании, то эту часть можно было бы сократить. В то же время изложение критериев отбора событий при измерении массы  $\Omega_c^0$  - бариона сделано сжато на 2.5 страницах (стр. 57-60). Этого явно недостаточно. 3. При измерении массы  $\Omega_c^0$  - бариона систематическая ошибка является доминирующей и превосходит статистическую ошибку в 5-6 раз, т.е. определяет точность измерения массы. Однако в работе обсуждению систематики уделено всего 0.5 страницы, т.е. эта проблема явно недоисследована. Кроме того, как следует из таблицы 13 (стр. 63), основной вклад в систематическую ошибку дает восстановленный импульс  $\Omega_c^0$  - бариона. Как это было определено и можно ли было уменьшить эту ошибку - автором не обсуждается. 4. В диссертации утверждается об экспериментальном обнаружении распада  $\bar{B}_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda} \pi^-$  со статистической значимостью  $4.4\sigma$  (стр. 90 и Заключение). При этом не учитываются систематические ошибки. Представляется, что корректным утверждением была бы значимость обнаружения этого распада с учетом всех ошибок. 5. В работе встречаются отдельные неточности и опечатки: в  $2005^{\text{ем}}$  году (стр. 30), достиг максимума светимости  $2.1 \times 10^{34-2-1}$  (стр.35).



Однако перечисленные выше недостатки никоим образом не могут изменить в целом положительного впечатления от работы и существенным образом повлиять на общую оценку диссертации, которая представляет собой законченное научное исследование и в котором получены интересные результаты. Качество работы, уровень и объем исследований в целом оставляют хорошее впечатление. Актуальность исследования, новизна и важность полученных результатов очевидны. Е.И.Соловьева продемонстрировала хорошее понимание исследуемой проблемы, владеет современными методами анализа данных, разработала программы моделирования и самостоятельно провела анализ полученных данных. Личный вклад Е.И.Соловьевой в полученные результаты является определяющим. Например, она генерировала все необходимые для анализа Монте-Карло события, разработала процедуру фита для распада  $\bar{B}_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda} \pi^-$ . Свидетельством ее решающего вклада в анализ является то, что она первый автор журнальных публикаций. Диссертация аккуратно оформлена с четкими хорошо масштабированными рисунками и подробными подписями к ним. Основные результаты и положения диссертации опубликованы в реферируемых журналах и доложены автором на международных конференциях, совещания и различных семинарах. Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

Принимая во внимание вышеизложенное, считаю, что диссертация Е.И.Соловьевой «Изучение странных очарованных барионов и первое обнаружение барионного распада  $B_s^0$ » удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

Отзыв составил:

Заведующий Отделом физики высоких энергий  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Институт ядерных исследований  
Российской академии наук  
117312 Москва, пр-кт 60-летия Октября, 7А  
тел: +7(495)8510184  
email: kudenko@inr.ru  
доктор физ.-мат.наук, профессор

3.12.2014

Юрий Григорьевич Куденко

Подпись Ю.Г. Куденко заверено  
Зам.директора ИЯИ РАН  
доктор физ.-мат.наук



М.В. Либанов