

Отзыв официального оппонента на диссертацию

Голубкова Дмитрия Юрьевича

Изучение рождения возбужденных состояний чармония

и поиск распада $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ на детекторе HERA-B,

представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.04.23 –
физика высоких энергий

Диссертация основана на анализе данных, набранных экспериментом HERA-B по протон-ядерным соударениям при 920 ГэВ (ускоритель HERA в ДФЗИ, Гамбург, Германия). Работа посвящена экспериментальному исследованию свойств очарованных мезонов, и включает два методически связанные между собой измерения: поиск редкого распада нейтрального D-мезона на пару мюонов, и измерение отношений сечений рождения χ_{c1} и χ_{c2} -мезонов по сравнению с J/ψ-мезонами на данных, набранных при помощи димюонного триггера. Также, исследование объединяет использование димюонного канала распада J/ψ-мезона в качестве нормировочного.

В современной физике высоких энергий особое место занимают исследования, направленные на поиск редких распадов. Для таких процессов любое отклонение вероятности распадов, предсказанных на основе Стандартной Модели, будет указывать на проявления физики вне рамок СМ. Одним из таких процессов является распад $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, вероятность которого в рамках СМ составляет $\sim 10^{-13}$. Данный распад чувствителен к нейтральным токам с изменением кварковых ароматов, которые в СМ сильно подавлены механизмом Глэшоу-Иллиопулоса-Маяни. Физика вне рамок СМ может давать вклад в данный распад, увеличивая его вероятность на несколько порядков, что и определяет большой непрекращающийся интерес к поиску распада $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ на протяжении последних лет. Верхний предел на вероятность данного распада, установленный в ходе описываемого исследования, усилил существовавшее на момент публикации ограничение и был включен в таблицы свойств частиц PDG2006, что свидетельствует о **практической полезности** представленной работы. На настоящий момент верхнее ограничение на этот процесс все еще остается на четыре порядка выше предсказаний СМ. Таким образом, тема исследования, составляющего первую часть диссертации, актуальна и связана с современным и активно разрабатываемым направлением в физике элементарных частиц.

Безусловная актуальность второй части работы, посвященной исследованию рождения χ_c -мезонов связана с недостаточным числом измерений такого рода в области промежуточных энергий и большим разбросом результатов предшествующих измерений. Описанное в диссертации измерение является шагом к решению важной проблемы – экспериментального уточнения сечений образования чармония в адронных взаимодействиях, необходимым для дальнейшего развития теоретических моделей и для интерпретации данных по поиску кварк-глюонной плазмы в ядро-ядерных соударениях.

Работа состоит из Введения, 3 глав, заключения и списка литературы. Полный объем диссертации составляет 150 страниц, включая 42 рисунка, 32 таблицы и список литературы, насчитывающий 109 наименований.

Во введении сформулированы цели работы, обоснована их актуальность и научная новизна, описана научная новизна и практическая полезность полученных результатов, описан вклад диссертанта, перечислены положения, выносимые на защиту.

В первой главе подробно описывается экспериментальная установка, система триггера и элементы математического обеспечения эксперимента, включая алгоритмы Монте-Карло

моделирования процесса образования очарованных частиц и отклика установки, с которыми была связана практическая сторона деятельности автора в эксперименте. Также приведен краткий обзор физической программы эксперимента и перечислены основные измерения, выполненные в нем.

Во второй главе описывается поиск распада $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$. Главу открывает небольшое теоретическое введение в данную задачу и обзор результатов предшествующих экспериментов. Затем описывается процедура анализа данных, основанная на выделении вторичной вершины распада D^0 -мезона. Подробно описана процедура выбора оптимальных критериев отбора событий сигнала, детально учтено влияние фоновых процессов. Для нормировки полученного числа событий сигнала использовалось число событий димюонного распада J/Ψ -мезона в анализируемом образце данных. В результате анализа было установлено верхнее ограничение на вероятность искомого распада.

Большую часть диссертации занимает третья глава, посвященная измерению сечения рождения χ_c -мезонов. Главу открывает краткий обзор основных теоретических моделей образования чармония и обзор предшествующих измерений. Затем автор детально описывает измерение, выполненное в димюонном канале и приводит окончательные результаты совместного измерения в димюонном и диэлектронном канале. Основной сложностью исследования было корректное выделение сигнала и определение эффективности реконструкции мягких фотонов от распада $\chi_c \rightarrow J/\Psi + \gamma$, поэтому автором подробно рассмотрены такие проблемы, как отбор фотонов, коррекции энергии фотонов, процедура определения и коррекции эффективности реконструкции фотонов, и процедура описания фона и оценки величины сигнала. Можно отметить, что процедура выделения сигнала и оценки ключевых компонентов эффективности выполнены весьма тщательно, что позволяет высоко оценить достоверность полученных результатов.

Основными результатами диссертации являются:

- 1) определение верхнего предела на вероятность распада $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$;
- 2) измерение отношения сечений рождения χ_c -мезонов к J/Ψ -мезонам, включая первое измерение его кинематической и ядерной зависимости, и измерение отношения сечений рождения χ_{c1} к χ_{c2} -мезонам.

Полученный верхний предел на вероятность распада $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ в дальнейшем снижался измерениями последующих экспериментов, что подтверждает достоверность результата. Что касается анализа образования χ_c -мезонов, то он осуществлялся, в определенной степени, независимо в двух дилептонных каналах и согласие полученных результатов также свидетельствует об обоснованности сложной процедуры анализа, достоверности и надежности результата.

Большое внимание в работе было уделено исследованиям систематических неопределенностей измерений и нахождению поправок, полученных на основе данных. Так, при поиске распада $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, эффективность идентификации частиц, обычно недостаточно надежно описываемая в Монте-Карло моделировании, была дополнительно исследована на данных, используя мюоны от распада $J/\Psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ в качестве контрольных частиц. В части работы, посвященной анализу рождения χ_c -мезонов, абсолютная эффективность регистрации мягких фотонов калориметром была проверена при помощи анализа реконструкции кластеров от конверсионных фотонов.

Текст содержит умеренное количество стилистических неточностей и опечаток. Наряду с достоинствами диссертации, можно высказать следующие **незначительные замечания**,

вызванные, на мой взгляд, ее довольно большим объемом:

- 1) некоторые сокращения, вводятся дважды, такие как Стандартная Модель (СМ), названия компонент детектора и моделей образования чармония;
- 2) между двумя частями работы присутствуют небольшие различия в обозначениях и в стиле описания;
- 3) к сожалению, некоторая дополнительная информация о деталях технического характера, связанная, например, с учетом поляризации или с коррекцией эффективности восстановления фотонов, приводится лишь в виде ссылок на внутренний документ коллаборации;
- 4) к стилистическим ошибкам можно отнести отсутствие единиц измерений некоторых физических величин (которые очевидны из контекста). Например, в Табл. 9 (стр 63) не указаны единицы измерения поперечного импульса мюонов. Кроме того, на рис.26 (стр 103) отсутствуют единицы измерения массы J/ψ -мезона.

Перечисленные замечания не затрагивают сути работы в целом и никак не влияют на ее высокую оценку. Следует заключить, что представленная работа выполнена на высоком уровне, а изложенные в ней результаты явились актуальным шагом в поиске новой физики и в расширении экспериментальной панорамы свойств образования чармония в адронных соударениях. Результаты по сечению χ_c -мезонов в протон-ядерных взаимодействиях относятся к уникальным условиям взаимодействия: энергии рN-соударения $\sqrt{s} = 42$ ГэВ и кинематической области отрицательных значений фейнмановской переменной, и важны как для теоретических расчетов, так и для экспериментальных поисков проявлений кварк-глюонной плазмы в ядро-ядерных соударениях.

Представленная диссертация является законченным научным исследованием, а автор проявил себя как вполне сложившийся исследователь. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Они были своевременно опубликованы в ведущих мировых реферируемых журналах и неоднократно докладывались на конференциях и семинарах. Автореферат диссертации ясно и полно отражает ее содержание. Резюмируя, можно с уверенностью сказать, что «*Изучение рождения возбужденных состояний чармония и поиск распада $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ на детекторе HERA-B*» удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Д.Ю. Голубков, безусловно, заслуживает присуждения искомой степени по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Официальный оппонент
доцент каф. 40 (Физики элементарных частиц) НИЯУ МИФИ,
кандидат технических наук, доцент

Подпись В.А. Канцера заверяю:

Специально



В.А. Канцеров

18.04.14