

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

ГОЛУБКОВА Дмитрия Юрьевича

”Изучение рождения возбужденных состояний чармония  
и поиск распада  $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$  на установке HERA-B”,

представленную на соискание ученой степени кандидата

физико-математических наук по специальности

01.04.23 – физика высоких энергий.

Диссертация Д.Ю. Голубкова посвящена поиску распада  $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$  и изучению рождения возбужденных состояний чармония. Распад  $D^0$ -мезона, или точнее, повышенная вероятность этого распада, рассматривается как возможный источник физических процессов, лежащих за пределами Стандартной Модели (СМ). Такие поиски лежат в общем русле современной физики высоких энергий – обнаружение пределов применимости СМ, и попытки найти их приняли в последнее время систематический характер, особенно в связи с работой экспериментов на ЛНС. Во второй часть диссертации рассматривается образование чармония в адронных взаимодействиях. Автор проанализировал образование и распады  $\chi_c$  состояний на различных мишенях. Специфические условия измерений позволили расширить кинематический диапазон и получить наибольшее число событий. Для развития теоретических моделей образования чармония и исследований в области кварк-глюонной плазмы эти исследования очень важны. Поэтому актуальность избранной темы исследования не вызывает сомнения. Диссертация Д.Ю. Голубкова выполнена на установке HERA-B, которая известна по многим пионерским исследованиям. Остановлюсь кратко на содержании работы и на самых важных и интересных, с моей точки зрения, разделах диссертации.

В **первой главе** подробно описана установка HERA-B, на которой работал соискатель, и изложены физические задачи, для решения которых она создавалась.

*Замечания: Следовало бы подробнее остановиться на табл.3. (стр.25). Автор не объяснил, как при скорости (времени) принятия решения 10 мкс на уровне претриггера (PRE) достигается темп (rate) выходного потока данных 1 МГц (что соответствует 1 мкс). Возможно, вычислители имели pipe-line архитектуру.*

Во **второй главе** рассмотрен один из основных результатов диссертации – поиск распада  $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ . Автор подробно излагает механизм распада в рамках СМ, возможный

вклад от процессов с "Новой Физикой". Достоинством является исторический обзор с ранними поисками распада, что помогает понять ценность проведенной работы. Тщательно изложена процедура вычисления систематических погрешностей. Полученное ограничение  $BR(D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-) < 2.0 \cdot 10^{-6}$  было сильнейшим на время публикации (2004 г.)

Замечания: В названии подглавы 2.2.1 "Моделирование  $D^0$ - мезона" автор, вероятно, имеет в виду "Моделирование распада  $D^0$ - мезона". Такая же неточность и в следующем предложении ("акцептанс  $D^0$ " ) (стр.44). Хотя, понятно о чем пишет автор. Я бы не стал утверждать, что на рис. 15 (стр.49) в спектре димюонных пар визуально наблюдается  $\rho$ -мезон, принимая во внимание его ширину ( $\approx 150$  МэВ) и почти вдвое меньшую, по сравнению с  $\omega$ -мезоном, вероятность распада. Полезна была бы гистограмма с распределением  $\chi^2$  треков, т.к. отбор 6 (стр.50)  $\chi^2/NDF < 20$ (?) не выглядит аргументированным. На стр. 53 применяется отбор  $\mathcal{L}_K$ , который ранее нигде не объяснён. К сожалению, ничего конкретного не говорится о построении функций правдоподобия  $\mathcal{L}_K$  и  $\mathcal{P}_\mu$  (стр.54), для которых в одном случае используется символ  $\mathcal{L}$ , а в другом  $\mathcal{P}$ . На рис.19б (стр. 59) не указана единица измерений по оси X. В представленном мне образце диссертации все линии на рис.20 (стр. 61) черного цвета, хотя в подписи к рисунку говорится, что они должны быть синими и красными. Следовало бы упомянуть более поздние работы других экспериментов, например результат CMS, полученный в 2012 г. который достиг верхнего предела  $BR(D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-) < 5.4 \cdot 10^{-7}$  (arXiv:1208.5908). Это несколько не умаляет проделанную соискателем работу.

В главе 3 автор переходит к обзору еще одной темы диссертации – измерению отношений сечений рождения  $\chi_c$  и  $J/\psi$ -мезонов. Подробно рассмотрены теоретические модели образования чармония в адронных взаимодействиях (CEM, CSM) и др., взаимодействия с нуклонами и A-зависимость. Сделан обзор предыдущих измерений (Табл. 16). Рассмотрены методические вопросы контроля качества данных. Тщательно, в мельчайших деталях, изложен экспериментальный метод вычисления отношения  $R_{\chi_c}$ . Уделено внимание расчетам Монте-Карло при моделировании фонов различной природы и оценке систематической погрешности. Отдельно рассматривается учёт эффекта поляризации  $\chi_c$ -мезонов. Полученный результат  $R_{\chi_c} = 0.188 \pm 0.013$  отдаёт некоторое предпочтение теоретической модели NRQCD. Впервые измерено поведение отношения  $R_{\chi_c}$  как функции кинематических переменных  $J/\psi$ -мезона.

Замечания: При перечислении требований к треку (стр.90) допущены неточности в формулировке: "функция правдоподобия каонной гипотезы  $\mathcal{L}_K < 99\%$ " (?). Такая же неточность и в следующем отборе. В нумерованной формуле (стр.97) слева написано выражение для модуля разности сумм векторов, которое, судя по тексту, должно быть меньше угла  $2\pi/20$ . Словосочетание "...векторного импульса..." не очень удачное.

Название подглавы 3.5.2. "Фотонная эффективность" является буквальным переводом с английского "Photon efficiency", по-русски более правильным будет "Эффективность регистрации фотонов".

В заключении перечислены основные результаты, полученные в диссертации.

Диссертация содержит большой экспериментальный материал, на мой взгляд, превышающий объем, обычно требуемый для получения кандидатской степени. Полученные результаты выглядят убедительно. Во всех случаях тщательно изучены фоновые процессы и систематические погрешности. Приведена четкая интерпретация полученных данных. Отдельные перечисленные недостатки ни в коей мере 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 в ведущих отечественных и зарубежных реферируемых журналах, доложены автором на трёх Международных конференциях. Всего по теме диссертации опубликовано 6 печатных работ.

Очевиден большой вклад автора в работы, вошедшие в диссертацию. Диссертация Д.Ю. Голубкова является законченным научным исследованием, в котором получены новые интересные результаты по физике элементарных частиц. Считаю, что диссертация Д.Ю. Голубкова безусловно удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий, а ее автор заслуживает присуждения этой степени.

доктор физико-математических наук



В.Д. Самойленко

17.09.14

Подпись В.Д. Самойленко удостоверяю  
учёный секретарь ИФВЭ

