

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию Кузнецова Олега Михайловича на тему «Исследование структуры адронов в процессах с образованием очарованных мезонов» по специальности 01.04.16-"физика атомного ядра и элементарных частиц" на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация О.М.Кузнецова посвящена двум важнейшим задачам физики элементарных частиц, в частности, вопросу об осцилляциях $B_S^0 \overline{B_S^0}$ мезонов и измерению поляризации глюонов в протоне в связи с проблемой т.н. «спинового кризиса». Обе темы объединены методически, т.к. связаны с регистрацией очарованных мезонов, причем при анализе распадов B_S^0 -мезонов автором предложен метод существенного повышения чувствительности в эксперименте по поиску $B_S^0 \overline{B_S^0}$ осцилляций.

Осцилляции $B_S^0 \overline{B_S^0}$. Впервые, наличие осцилляций частица-античастица было обнаружено, как известно, в каонном секторе. Существование $B_S^0 \overline{B_S^0}$ осцилляций является важнейшим предсказанием Стандартной Модели (СМ). Поиски выхода за рамки СМ также связаны с экспериментальным исследованием $B_S^0 \overline{B_S^0}$ осцилляций. О.М.Кузнецов проанализировал данные коллаборации DELPHI, используя предложенный им метод полностью реконструированных B_S^0 мезонов. Автором на практике продемонстрирована более высокая чувствительность этого метода. Был получен нижний предел на частоту осцилляций: $>8.5 \text{ пс}^{-1}$, верхний предел на относительную разницу ширины распада собственных состояний B_S^0 мезона, измерено среднее время жизни B_S^0 мезона. Актуальность задачи была очевидной и ряд других групп были заняты подобными измерениями. На рис.6, стр. 99 диссертации автор суммирует эти результаты. Существенный вклад экспериментов DELPHI с очевидностью следует из рисунка. Более поздние измерения CDF(2006) и LHCb

(2011), в которых частота осцилляций была непосредственно измерена с очень высокой точностью ($17 \pm 0,1 \text{ пс}^{-1}$), оказались в согласии с первоначальными оценками. Трудно переоценить полученные результаты. Так, важным следствием всех этих исследований было создание В-фабрик BABAR и BELLE – фактически новое направление в В-физике. В-физика остается важнейшим направлением на LHC.

Измерение поляризации глюонов. Вопрос о спиновой структуре нуклона, т.е. о том как составляющие нуклон кварки и глюоны плюс их орбитальные моменты суммируются в спин $1/2$, был и остается одним из важнейших и пока нерешенных вопросов КХД. После эксперимента EMC был провозглашен т.н. «спиновый кризис» - суммарный вклад кварков в спин протона (a_0) оказался не только существенно меньше единицы, a_0 был в принципе совместим с нулем, что противоречило достаточно очевидному правилу сумм Эллиса-Джаффе, из которого при условии, что «странное море» не поляризовано, следовало, что $a_0 = 0.585$. Эксперименты, выполненные независимо коллаборациями HERMES и COMPASS путем измерения асимметрии в Глубоко-Неупругом (ГН) рассеянии электронов и мюонов, соответственно, дали хорошо совпадающие результаты: $a_0 = 0.3$. Одновременно было показано, что странные кварки имеют значимую отрицательную поляризацию, т.е. снято противоречие с правилом сумм Эллиса-Джаффе. Оставался (и остается) вопрос, как объяснить недостающие 70% спина протона. Безмассовые и нейтральные (подобно фотонам) глюоны имеют спин 1 и могут быть поляризованы. Измерения их поляризации оказалось задачей намного более сложной, чем измерение поляризации кварков. Дело в том, что виртуальный фотон в ГН рассеянии «не видит» не имеющие электрического заряда глюоны, и эффект их поляризации может проявиться лишь во втором порядке теории возмущений через кварковый обмен. Измерения производились в экспериментах HERMES, RHIC и COMPASS. Здесь мы остановимся лишь на результатах эксперимента COMPASS, представленные О.М.Кузнецовым в его диссертации. COMPASS оказался единственным экспериментом, в котором до-

полнительно к методу больших p_T поляризация глюонов измерялась методом "Open charm". В основе метода, детально описанного в разделе 7.1.2 диссертации, лежит реакция фотон-глюонного слияния (ФГС) $\gamma^* g \rightarrow c\bar{c}$. Прямое взаимодействие γ^* с тяжелым С-кварком в составе протона пренебрежимо мало в исследуемой области по Q^2 . Таким образом, двойная асимметрия по спинам мишени и пучка в выходе D-мезонов в основном связана с поляризацией глюона, т.е. метод является наиболее прямым и модельно-независимым. Проблема состояла в том, чтобы получить достаточно хорошую статистическую точность. Автор проводит сравнение с двумя другими методами нахождения $\frac{\Delta g}{g}$: большие p_T (HERMES, COMPASS) и прямые фотоны (RHIC). К сожалению, оба эти метода, в отличие от "Open charm", являются модельно-зависимыми, в особенности метод больших p_T , где большой вклад вносит Monte Carlo анализ. Сравнение методов измерения $\frac{\Delta g}{g}$, проделанное О.М. Кузнецовым, весьма существенно для более глубокого понимания проблемы. Как и ожидалось, средний спин глюона оказался мал. Измерение же вклада орбитальных моментов связано с большими проблемами, в том числе идеологического порядка. Итак, проблема «спинового кризиса» по-прежнему ждет своего решения. Возможно, дело в самой полевой формулировке проблемы, т.е. требуется более глубокое понимание физики спина при высоких энергии. Этот факт, конечно, не уменьшает того вклада в проблему, который представлен в диссертации О.М.Кузнецова.

Общая характеристика диссертации. Диссертация представляет собой отчет о серьезном научном исследовании, проводившемся автором в течении ряда лет в составе международных коллабораций DELPHI и COMPASS. Представленные в диссертации результаты имеют большое научное значение. Нет сомнений в том, что результаты получены при лидирующей роли автора. Результаты широко опубликованы в реферируемых журналах и не-

однократно представлялись автором на международных конференциях. Автореферат дает исчерпывающее представление о материале диссертации.

Достоверность представленных в диссертации данных не подлежит сомнению.

Диссертация написана хорошим русским языком, построена логически безупречно, читается легко. Достаточно сложные понятия изложены доступно, что свидетельствует о глубоком понимании автором проблемы.

Рисунки и таблицы хорошо иллюстрируют основные результаты и защищаемые положения.

Диссертация О.М.Кузнецова «Исследование структуры адронов в процессах с образованием очарованных мезонов», соответствует специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц и полностью удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент

Заведующий лабораторией малонуклонных систем Отделения физики высоких энергий
НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ,
доктор физико-математических наук, профессор

Белостоцкий Станислав Львович

188300, Ленинградская обл., г. Гатчина, мкр. Орлова роща, д. 1, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», тел.: 8(81371) 30-087, Belostotski_SL@pnpi.nrcki.ru

Подпись С.Л. Белостоцкого удостоверяю
Учёный секретарь
НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ,
кандидат физико-математических наук **С.И. Воробьев**

