

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата физ.-мат. наук, доцента Ю.А.Хохлова
на диссертацию К.И.Белобородова
«Изучение процессов $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ и $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$ на детекторе СНД»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертационная работа посвящена изучению процессов $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ и $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$ с использованием установки СНД на коллайдерах ВЭПП-2М и ВЭПП-2000 в диапазоне энергий в СЦМ $1.04 < \sqrt{s} < 1.38$ ГэВ и $1.05 < \sqrt{s} < 2.00$ ГэВ соответственно. Актуальность исследования обусловлена несколькими причинами.

Во-первых, измерение абсолютных сечений указанных реакций, составляющих значимую долю от полного адронного сечения $e^+e^- \rightarrow hadrons$, важно для прецизионных вычислений в рамках Стандартной модели и ее проверок. Здесь достаточно упомянуть проблему аномального магнитного момента мюона ($g-2$).

Во – вторых, энергетическая зависимость $\sigma(\sqrt{s})$ эксклюзивных реакций дает материал для адронной спектроскопии, в данном случае – в секторе легких векторных мезонов.

Наконец, интерес представляет развитие экспериментальной методики, в частности получение ядерной длины взаимодействия K_L с веществом детектора.

Измерения сечений в этой области энергий представлены и проводятся несколькими экспериментами, как в Институте им. Будкера (КМД), так и на ряде зарубежных установок (DM1, BABAR). Надо отметить с удовлетворением, что точность результатов представленного исследования в этих конкурентных условиях не уступает или выше мировой. Более того, ожидаются новые данные с СНД по процессу рождения $K_S K_L$ на ВЭПП-2000 с большей статистикой, в анализе которых могут быть использованы развитые в представленной работе методики.

Диссертация включает введение, 4 главы, заключение и список литературы. Введение содержит мотивационную часть и краткий, но ясный исторический обзор. Глава 1 содержит основные параметры ускорителей ВЭПП-2м и ВЭПП-2000 в объеме, достаточном для изложения основного материала.

В главе 2 приведено описание детектора СНД, с упором на наиболее важные для данного исследования системы и аспекты работы. Особое внимание уделено модернизации установки при переходе на ВЭПП-2000. Здесь же дана сводка пучковых экспозиций СНД, в т.ч. использованных в анализе. К сожалению, не разъяснено (а возможно, является результатом опечатки) видимое рассогласование на порядок числа рожденных ϕ - мезонов с учетом интегральной светимости в экспозициях РН96 и РН98. В формуле (2.3) очевидно опущен множитель в виде функции $\theta(p-p_{thr})$.

Глава 3 – одна из 3-х основных, излагающих собственно методику и результаты исследования, и посвящена процессу $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$. Описан оригинальный метод отбора сигнальных событий и их кинематическая реконструкция. Проведен тщательный анализ фоновых процессов. Иллюстрацией является высокое качество описания данных вычислительной моделью. Значительное внимание уделено определению

эффективности в двумерном пространстве, с использованием сложной, можно сказать изощренной, аппроксимирующей функции. Впечатляет также детализация систематических погрешностей.

Наряду с этим в главе имеется ряд недостатков. В разделе 3.1. отбор по треку от «космики» обсужден поверхностно: не ясна доля таких событий, нет методики и/или результатов оценки эффективности и чистоты данного отбора. В разделе 3.3 нет определения не очевидной для калориметрических измерений величины P_{tot} , что затрудняет понимание материала.

В разделе 3.7. обсуждается теоретическая аппроксимация экспериментального сечения. В качестве мотивации для введения высших векторных резонансов указывается на превышение измерений над расчетом в модели без таковых. К сожалению, это не проиллюстрировано выигрышем в величине χ^2 или статистической значимостью введения $\phi(1680)$.

При рассмотрении фонового процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma$ в разделе 3.4.2. вызывает сомнение адекватность термина радиационная «поправка» для величины, многократно увеличивающей сечение процесса над подавленным т.н. «борновским».

Глава 4 посвящена измерению длины взаимодействия K_L мезонов с веществом калориметра. В этой области энергий они сделаны впервые. С методической точки зрения интересен «синтез» модельных и измеренных «случайных» событий как способ оценки вклада т.н. «наложений» пучкового фона. Достаточно подробно и убедительно численным экспериментом на модельных данных показана самосогласованность предложенного метода в целом.

Однако по существу, как это и указано в тексте, длина неупругого взаимодействия определяется из единственной измеряемой величины - отношения (R) числа экспериментальных событий с разной топологией событий в калориметре (без/с «лишними» «фотонами»). При этом численных значений R не приведено; адекватность модели демонстрируется единственным из характерных распределений - по энергии «лишнего» кластера (рис. 4.8.).

Отметим практически важный вывод о расхождении экспериментальных результатов по длине взаимодействия K_L с моделью в рамках популярного пакета GEANT-4.

Глава 5 посвящена изучению процесса $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ на коллайдере ВЭПП-2000. Эта часть работы имеет особое методическое значение, т.к. является первым анализом данных СНД с использованием аэрогелевых черенковских счетчиков. Наряду с этим заметную роль, в первую очередь для подавления фона $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$, играют отборы по ионизационным потерям. К сожалению, эта часть изложена излишне фрагментарно, возможно, ввиду и так солидного объема диссертации. Тем не менее, убедительно показана «очистка» от фонов мюонных, электронных, пионных событий, что является ключевым фактором данного анализа.

Полученные результаты СНД с ВЭПП-2000 имеют точность не хуже BABAR и находятся в согласии с ними, тем самым снимая расхождение предыдущих результатов СНД, полученных до модернизации системы идентификации частиц.

Заключение диссертации ясно и четко суммирует основные результаты работы, а также кратко обозначает направления развития ее отдельных аспектов.

В завершение отмечу, что результаты, представленные в настоящей работе, имеют несомненную научную и практическую ценность, нисколько не уменьшаемую сделанными замечаниями. Результаты достоверны и заслуживают высокой оценки. Работа прошла серьезную апробацию на международных и российских конференциях и семинарах, ее результаты опубликованы в ведущих научных журналах.

Представленная к защите работа отличается тщательностью исполнения и вниманием к формулировкам. Она написана хорошим языком и практически без опечаток, редкое исключение – «ковариантная» матрица вместо «ковариационная» (подпись к рис. 5.8.). Диссертация хорошо иллюстрирована графическим материалом.

Содержание диссертации соответствует специальности и полностью отражено в автореферате. Диссертация полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, п.9 "Положения о присуждении ученых степеней" от 24 сентября 2013 г. N842 . Автор, безусловно, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент
ведущий научный сотрудник
НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ
кандидат физико-математических наук,
доцент
Адрес: 142281 Московская обл., г. Протвино,
площадь Науки д.1
тел. 8 906 72 666 16
E-mail: Yury.Khokhlov@ihep.ru

Юрий Анатольевич
Хохлов

26.04.2017

Подпись Ю.А.Хохлова заверяю
Ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ



Н.Н.Прокопенко