

**Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий им. А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ)**

25 июня 2020г.

Заседание Диссертационного совета

Д 201.004.01

Протокол № 2020-5

**Стенограмма заседания Диссертационного совета Д 201.004.01**

Защита диссертации Кирякова Андрея Алексеевича

«Исследование процессов образования очарованных частиц в рА-взаимодействиях при 70 ГэВ/с» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23– физика высоких энергий

**Председательствующий:** председатель Диссертационного совета Д 201.004.01 доктор физико-математических наук, профессор Тюрин Николай Евгеньевич.

**Секретарь:** учёный секретарь Диссертационного совета Д 201.004.01 кандидат физико-математических наук Рябов Юрий Григорьевич.

**Всего членов Диссертационного совета:** 22 человека.

**Присутствуют:** 19 человек.

**На заседании присутствуют:**

1. Тюрин Н.Е., доктор ф.-м. н., 01.04.02 – председатель;
2. Зайцев А.М., доктор ф.-м. н., 01.04.23 – заместитель председателя;
3. Рябов Ю.Г., канд. ф.-м. н., 01.04.23 – ученый секретарь Диссертационного совета;
4. Арбузов Б.А., доктор ф.-м. н., 01.04.02;
5. Герштейн С.С., доктор ф.-м. н., 01.04.02;
6. Денисов С.П., доктор ф.-м. н., 01.04.23;
7. Зайцев Ю.М., доктор ф.-м. н., 01.04.23;
8. Иванов С.В., доктор ф.-м. н., 01.04.20;
9. Качанов В.А., доктор ф.-м. н., 01.04.23;
10. Козуб С.С., доктор ф.-м. н., 01.04.20;
11. Мочалов В.В., доктор ф.-м. н., 01.04.23;
12. Образцов В.Ф., доктор ф.-м. н., 01.04.23;
13. Петров В.А., доктор ф.-м. н., 01.04.02;
14. Разумов А.В., доктор ф.-м. н., 01.04.02;
15. Саврин В.И., доктор ф.-м. н., 01.04.02;

16. Сенько В.А., доктор ф.-м. н., 01.04.20;
17. Ткаченко Л.М., доктор ф.-м. н., 01.04.20;
18. Трошин С.М., доктор ф.-м. н., 01.04.02;
19. Чесноков Ю.А., доктор ф.-м. н., 01.04.20.

Диссертационный совет Д 201.004.01 утвержден приказом на Федеральной службе по надзору в сфере образования и науки № 105/нк от 11 апреля 2002 года в составе 22 человек. На заседании присутствуют 19 членов совета, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий, кворум имеется. На заседании также присутствует официальный оппонент доктор физ.-мат. наук Бережной Александр Викторович.

**Н.Е. Тюрин** объявляет повестку дня: Уважаемые коллеги, давайте начнем наши три заседания. На защиту представляется кандидатская диссертация, выполненная Андреем Алексеевичем Киряковым, на тему: «Исследование процессов образования очарованных частиц в рА-взаимодействиях при 70 ГэВ/с», по специальности «физика высоких энергий». Надо сказать, что эта диссертация у нас уже была защищена один раз успешно. Мы ее поддержали с вами единогласно, но в силу технической ошибки, допущенной по нашей вине, ВАК потребовал провести повторную защиту. Юрий Григорьевич, документы пожалуйста.

**Ю.Г. Рябов** представляет материалы, имеющиеся в деле: Соискатель Киряков Андрей Алексеевич, 1978 года рождения, окончил физико-технический факультет Томского Политехнического Университета в 2001 году, работает научным сотрудником в ИФВЭ. Диссертация выполнена в отделении экспериментальной физики ИФВЭ. Научный руководитель диссертанта: доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ, Воробьев Александр Павлович. Диссертационный совет принял диссертацию к защите в нашем институте и назначил официальными оппонентами: Бережного Александра Викторовича, гражданина Российской Федерации, доктора физ.-мат. наук, заведующего Лабораторией тяжелых кварков и редких распадов НИИЯФ МГУ; Кузнецова Олега Михайловича, гражданина Российской Федерации, доктора физ.-мат. наук, ведущего научного сотрудника Научно-экспериментального отдела спиновой структуры адронов и редких процессов ОИЯИ (он отсутствует по уважительной причине; положительное письменное заключение официального оппонента в деле имеется); ведущую организацию – ФИАН. В деле имеются все документы, документы соответствуют требованиям ВАК для защиты кандидатской диссертации.

**Н.Е. Тюрин:** Есть вопросы, коллеги, по этой части?... Нет? Тогда, Андрей Алексеевич, Вам слово для сообщения.

*А.А. Киряков:* Так как защищаюсь повторно, я постараюсь сделать сообщение покороче.

Актуальность темы исследования: все результаты по сечению образования очарованных частиц в адронных взаимодействиях у порога ( $\sqrt{s} \sim 10 \text{ ГэВ}$ ), получены до 2000 года на установках первого и второго (гибридные установки) поколений, что значительно усложняет их интерпретацию; в последнее время появились теоретические предсказания, в рамках статистической модели адронизации, о значительном изменении относительных выходов очарованных частиц в околопороговой области энергий; все экспериментальные результаты по оценке полного сечения  $\sigma_{\text{с}}$  за последние 10-15 лет, располагаются у верхней границы неопределённости теоретических предсказаний модели КХД. В данном случае на рисунке 1 представлена экспериментальная оценка полного сечения  $\sigma_{\text{с}}$ , для энергии  $\sqrt{s} > 100 \text{ ГэВ}$  – pp-взаимодействия и для энергии  $\sqrt{s} < 100 \text{ ГэВ}$  – pA-взаимодействия; сплошной линией представлены теоретические предсказания модели КХД; пунктирными линиями обозначены границы неопределённости теоретической модели КХД. Здесь хорошо видно, что все экспериментальные результаты за последние 10 - 15 лет (pp-взаимодействия) располагаются возле верхней границы неопределённости модели КХД.

Цели диссертационной работы: измерение сечений образования очарованных частиц в pA – взаимодействиях при импульсе пучка протонов 70 ГэВ/с на трёх мишенях: С (углерод), Si (кремний) и Pb (свинец); экспериментальная оценка полного сечения образования очарованных частиц; экспериментальная оценка относительных выходов очарованных частиц. Для достижения поставленных целей необходимо было решить следующие задачи: проанализировать основные требования к детекторам установки и глобально – создать программный продукт системы обработки данных.

Общая характеристика диссертационной работы: в диссертации обобщены результаты экспериментальных исследований образования очарованных частиц в околопороговой области энергии их рождения, выполненных на установке СВД-2, описана экспериментальная установка и, разработанная для этого эксперимента, методика обработки экспериментальных данных. Для проведения исследований использовалась статистика, полученная в pA-взаимодействиях при импульсе протонного пучка 70 ГэВ/с ( $\sqrt{s} = 11.5 \text{ ГэВ}$ ) на трёх мишенях: С (углерод), Si (кремний) и Pb (свинец). Исследовались инклюзивные реакции образования очарованных частиц, распадающихся по каналам:  $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$ ,  $\bar{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^-$ ,  $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$ ,  $D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$ ,  $\Lambda_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+$ . Произведена оценка полного сечения образования очарованных частиц и их относительных выходов в околопороговой области энергии их рождения. В диссертации уделено значительное внимание методическим вопросам обработки экспериментальных данных.

Диссертация состоит из: введения; шести глав; заключения и выводов по теме диссертации. Объем диссертации составляет 169 страниц, список цитируемой литературы содержит 145 наименований.

Научная новизна работы:

1. полученные результаты, по сечениям образования очарованных частиц в околопороговой области энергий, дополняют скудную базу экспериментальных данных по данной теме;
2. проведённая оценка относительных выходов очарованных частиц свидетельствует о том, что в околопороговой области энергий выходы  $\bar{D}^0$ - и  $D^-$ -мезонов значительно преобладают над выходами  $D^0$ - и  $D^+$ -мезонов;
3. значительный относительный выход  $\Lambda_c^+$ -барионов, сравнимый с выходом  $\bar{D}^0$ -мезонов, указывает на их преимущественно парное рождение в околопороговой области;
4. относительные выходы очарованных частиц, в околопороговой области, имеют энергетическую зависимость;
5. измеренное полное сечение рождения «открытого» чарма на нуклоне, при энергии  $\sqrt{s}=11.5$  ГэВ, значительно выше предсказаний КХД моделей.

Практическая ценность работы: полученные результаты относятся к мало изученной области образования очарованных частиц ( $\sqrt{s}<20$  ГэВ) и могут быть использованы для подстройки теоретических моделей; представленные в работе методические наработки, могут быть использованы в анализе данных других экспериментов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. измерения сечений инклюзивного образования очарованных частиц:  $D^0$ ,  $\bar{D}^0$ ,  $D^\pm$ ,  $\Lambda_c^+$  при энергии  $\sqrt{s}=11.5$  ГэВ в pA – взаимодействиях на трёх мишенях: C (углерод), Si (кремний) и Pb (свинец);
2. экспериментальная оценка полного сечения образования очарованных частиц;
3. оценка относительных выходов очарованных частиц:  $D^0$ ,  $\bar{D}^0$ ,  $D^\pm$ ,  $\Lambda_c^+$  при энергии  $\sqrt{s}=11.5$  ГэВ;
4. методика обработки данных, используемая в эксперименте на установке СВД-2, для выделения частиц с «открытым» очарованием в инклюзивных реакциях их рождения на трёх мишенях;
5. метод предварительного элайнмента, как простой метод предварительной оценки положения детектирующих элементов экспериментальной установки;
6. модифицированный критерий Армантероса-Подольянского, как простой метод выделения и сепарации событий с распадом  $V^0$ -частиц.

Апробация работы и публикации: результаты работы были опубликованы в 8 статьях, шесть из которых в рецензируемых журналах; так же, результаты докладывались на десятке конференций.

Экспериментальная установка СВД-2 (Спектрометр с Вершинным Детектором). На рисунке 2 представлена структурная схема подсистем установки, информация с которых использовалась в анализе: С1 ÷ С4 – сцинтилляционные счётчики, которые использовались в триггере нулевого уровня; ПТ – пучковый телескоп, состоящий из шести кремниевых микростриповых детекторов (МСД); ВД (ВТ) – вершинный телескоп, состоящий из 9 МСД, с Активной Мишенью (АМ); ПК1 и ПК2 – пропорциональные камеры магнитного спектрометра, различающиеся по типоразмеру активной области; МС-7 – широкоапертурный дипольный магнит с длиной ярма вдоль оси пучка – 3м и максимальной индукцией магнитного поля, по основной компоненте, 10.5кГс.

В эксперименте Е-184 использовалась двухуровневая система отбора событий:

1. триггер нулевого уровня: собран на сцинтилляционных счётчиках С1÷С4 и реализует простейшую схему на выделение одинарной пучковой частицы, проходящей в область АМ;
2. триггер первого уровня: на основе табличного метода аппаратной обработки данных с АМ, реализует логику выделения взаимодействия в области АМ.

Статистика эксперимента (Е-184) составила ~52 млн. событий с неупругими взаимодействиями. В таблице представлена их раскладка по материалам мишени. Интенсивность протонного пучка в сеансе составляла 500÷600 тыс. за сброс. Поперечные размеры пучка на мишени около 2 мм.

В процессе работы, над этими данными, было разработано несколько методик, а также проведено несколько модификаций существующих методов, таких как:

1. «Равновесный» метод разделения многочастичных кластеров в МСД.
2. Модификация интегральной кривой для «нелинейного» метода восстановления координаты пролёта в МСД.
3. Методы «предварительного» и «основного» элайнмента подсистем установки.
4. Метод предварительного восстановления вершины взаимодействия по «базовым» трекам.
5. Введено понятие «пространства параметров треков {a,b}» - как способ представления данных с возможностью унификации методов: «хит - трек», «трек - вершина». Разработаны алгоритмы: поиска вершин и быстрой фильтрации событий на наличие вторичных вершин.

6. Модификация критерия Армантероса - Подолянского - для отсева ложных  $V^0$ , базируется только на топологии события в Вершинном Детекторе. Имеется возможность сепарации событий.
7. Метод «Табличный» - производит оценку импульса с учётом заряда частицы и осуществляет подбор хитов в трек, что создает некоторую переопределенность выборки исходных параметров для основного метода, базирующегося на фильтре Кальмана.

#### Монте-Карло (МК):

- В качестве генератора использовался FRITIOF7.02. В нем было сгенерировано по 1 млн. событий для каждого материала мишени (как «сигнальных», так и «фоновых») без «развала» очарованных частиц.
- В качестве трассировщика использовался GEANT3.21, в нем было произведено:
  - описание активных и пассивных элементов установки с размещением по результатам элайнмента;
  - значения величин индукции магнитного поля задавались измеренной картой, которая используется при обработке экспериментальных данных;
  - тип очарованной частицы и мода распада задавались пользователем;
  - реализован учёт: размытия заряда, шумовых характеристик и эффективностей детектирующих элементов, и электроники считывания;
  - выходной файл из GEANT представлял полный аналог экспериментального формата данных (для применения в программе анализа экспериментальных данных);
  - существенным недочётом, на этапе выделения нейтральных D-мезонов, являлся не учёт логики работы триггера 1-го уровня, поэтому в расчёт сечений вводился  $K_{ап} = 1.6$ , величина которого была рассчитана по  $K_s^0$  (в последующем, при работе с трёх-лучевыми вершинами, логика работы триггера 1-го уровня была реализована в GEANT, поэтому надобность в  $K_{ап}$  отпала).

#### Сечение образования нейтральных D-мезонов в pA-взаимодействиях при 70ГэВ/с:

- было выделено: 21 событие с  $\bar{D}^0$  и 30 событий с  $D^0$ ;
- эффективность регистрации, по данным МК, составила: 7.2% для  $D^0$  и 2.7% для  $\bar{D}^0$ ;
- расчет парциальных сечений для нейтральных D-мезонов составил:  $\sigma(D^0) = 2.5 \pm 0.8(\text{стат.}) \pm 0.3(\text{сист.})$  (мкбн/нуклон);  $\sigma(\bar{D}^0) = 4.6 \pm 1.6(\text{стат.}) \pm 0.6(\text{сист.})$  (мкбн/нуклон);
- показатель степени A-зависимости:  $\alpha = 1.08 \pm 0.12$ ;

- оценка времени жизни, нейтральных D-мезонов, составила:  $\tau = 123 \pm 24$  мкм.

Расчет полного сечения  $\sigma(\bar{c}\bar{c})$  выполнялся двумя способами: по предполагаемому числу событий из МК -  $\sigma(\bar{c}\bar{c}) = 5.5$  мкб/нуклон; по интегральной светимости (предоставленной коллаборантами из НИИЯФ МГУ) -  $\sigma(\bar{c}\bar{c}) = 8.7$  мкб/нуклон. Усреднённая оценка по двум способам:  $\sigma(\bar{c}\bar{c}) = 7.1 \pm 2.4(\text{стат.}) \pm 0.9(\text{сист.})$  (мкбн/нуклон).

Регистрация заряженных очарованных  $D^\pm$ -мезонов в pA-взаимодействиях при 70ГэВ/с:

- было выделено по 15 событий с наличием заряженных D-мезонов;
- эффективность регистрации, по данным МК, составила: 1.4% для  $D^+$  и 0.8% для  $D^-$ ;
- оценка сечения проводилась по представленному, на слайде, функционалу;
- расчет парциальных сечений для заряженных D-мезонов составил:  $\sigma(D^+) = 1.2 \pm 0.4(\text{стат.}) \pm 0.2(\text{сист.})$  (мкбн/нуклон);  $\sigma(D^-) = 1.9 \pm 0.6(\text{стат.}) \pm 0.4(\text{сист.})$  (мкбн/нуклон);
- показатель степени A-зависимости:  $\alpha_{D^+} = 1.02 \pm 0.26$ ;  $\alpha_{D^-} = 1.04 \pm 0.27$ ;
- оценка времени жизни, заряженных D-мезонов, составила:  $\tau(D^+) = 291 \pm 75$  мкм и  $\tau(D^-) = 341 \pm 88$  мкм, что в пределах ошибок согласуется с табличными данными ( $\tau(\text{PDG}) = 311$  мкм).

Измерение сечения образования очарованных барионов в pA-взаимодействиях при 70ГэВ/с:

- было выделено 21 событие с образованием  $\Lambda_c^+$ -барионов;
- эффективность регистрации, по данным МК, составила: 1.12%;
- в таблице представлены оценки сечения  $\Lambda_c^+$ -барионов, для разных кинематических областей по переменной Фейнмана: для всей области и для  $x_F > 0$ ;
- оценка времени жизни составила:  $\tau = 51$  мкм.

Выходы очарованных частиц. В таблице на слайде представлены относительные выходы очарованных частиц, которые были получены на установке СВД-2, в сравнении с данными моделей (полученными по генераторам FRITIOF и PYTHIA) и результатами других экспериментов. Данные результаты наложены на теоретические кривые, которые рассчитаны по статистической модели адронизации. Результаты, полученные на СВД-2, хорошо согласуются с теоретическими предсказаниями данной модели.

Результаты диссертационной работы:

1. получена экспериментальная оценка сечений инклюзивного образования очарованных частиц при энергии  $\sqrt{s} = 11.5$  ГэВ в pA-взаимодействиях по трём мишеням (углерод, кремний, свинец) для всей кинематической области по  $x_F$ ;

2. проведена оценка полного сечения образования очарованных частиц; вклад сечения рождения других частиц в полное сечение  $\sigma(\text{с}\bar{\text{с}})$  не превышает 10%;
3. проведена оценка относительных выходов очарованных частиц, которая позволяет говорить о:
  - a. увеличении выхода  $\Lambda_c^+$ -барионов в околопороговой области энергий и с увеличением  $\bar{D}^0$ -мезонов, указывают на их преимущественно парное рождение;
  - b. вклады заряженных и нейтральных D-мезонов в полное сечение образования открытого чарма в pA-взаимодействиях меняются с изменением энергии взаимодействия;
  - c. вклады  $D^0$ - и  $D^+$ -мезонов проявляют тенденцию к снижению с уменьшением энергии взаимодействия, а вклады  $\bar{D}^0$ - и  $D^-$ -мезонов растут;
4. создана система анализа экспериментальных данных с установки СВД-2;
5. разработан метод первичного элайнмента установки, который позволяет на основании простых геометрических принципов осуществлять предварительную оценку положения однокоординатных детектирующих элементов экспериментальной установки;
6. разработан метод модифицированного критерия Армантероса-Подольянского, позволяющий проводить быструю фильтрацию событий с распадами  $V^0$ - частиц (отсев ложных вторичных вершин).

Спасибо за внимание.

*Н.Е. Тюрин:* Спасибо, Вам. Есть у присутствующих членов совета вопросы? ... Так, пожалуйста.

*С.Р. Слабоспицкий:* У меня вопрос: Вы приводили сечения, у Вас там  $D^+$  и  $D^-$  имели разную  $\alpha$ -зависимость по ядерному номеру, а Вы привели при сечении, как Вы это выводите? Вот видите:  $\alpha_{D^+}=1.02\pm 0.26$ ,  $\alpha_{D^-}=1.04\pm 0.27$ .

*А.А. Киряков:* Да, но при этом их ошибка ... Дело в том, что эти параметры (парциальное сечение и  $\alpha$ -зависимость) получаются непосредственно при оценке сечений на нуклон, они получаются автоматически из фита экспериментальных данных (представленным функционалом), т.е. мы одновременно получаем оценку  $\alpha$ -параметра A-зависимости и парциальное сечение.

*С.Р. Слабоспицкий:* Т.е. Ваши сечения получены с этими значениями  $\alpha$ ?

*А.А. Киряков:* Да.

*С.Р. Слабоспицкий:* Теперь второй вопрос: у Вас в таблице приведены относительные выходы  $D^0$  и  $\bar{D}^0$  здесь вы о них ничего не сказали, откуда Вы их получили?

**А.А. Киряков:** Относительные выходы получаются делением парциальных сечений на полное сечение  $\sigma_{\bar{c}}$ .

**С.Р. Слабоспицкий:** Да, но у Вас не приведено полное сечение  $\sigma_{\bar{c}}$ .

**А.А. Киряков:** Вот приведено полное сечение  $\sigma_{\bar{c}}$  (показывается слайд), расчет которого производился двумя способами. Расчет производился на базе парциальных сечений  $D^0$  и  $\bar{D}^0$ .

**С.Р. Слабоспицкий:** Это измеренная величина?

**А.А. Киряков:** Да.

**Н.Е. Тюрин:** Спасибо. Переходим к выступлению научного руководителя. Александр Павлович, пожалуйста.

**А.П. Воробьев:** зачитывает свой отзыв (весь отзыв есть в диссертационном деле).

Уважаемые члены Диссовета позвольте не зачитывать весь отзыв полностью, потому что если говорить подробно, как в письменном тексте, то во многом будут повторения с отзывами официальных оппонентов и оппонировавшей организации. Я еще раз хотел бы обратить внимание членов Диссертационного Совета на актуальность и научную значимость представленной работы. Прежде всего, она состоит в том, что на сегодняшний день имеется большое количество экспериментальных данных по рождению очарованных частиц в адронных взаимодействиях, но все они, получены при энергиях пучков свыше 200 ГэВ и хорошо согласуются с результатами, получаемыми в различных теоретических моделях (более - менее в пределах того коридора предсказаний, который дают теоретики). Другая ситуация в области энергий меньше 100 ГэВ. Здесь она кардинально иная, как по количеству экспериментальных данных, так и по сравнению экспериментальных данных с предсказаниями теоретических моделей; они отличаются на порядок. Результаты экспериментов также часто имеют противоречивый характер. Это связано с очень тяжелыми условиями проведения экспериментов, такими как:

- малое сечение образования (типичное значение - одна пара очарованных частиц на тысячу взаимодействий);
- большое количество заряженных частиц в событии (средняя множественность заряженных частиц в событии  $\sim 6$ );
- малое время жизни очарованных частиц;
- относительно небольшая вероятность распада очарованных частиц по регистрируемым каналам.

И все эти трудности пришлось преодолеть диссертанту в ходе анализа экспериментальных данных. Кроме того, многие эксперименты измеряли сечение только для малой области фазового пространства, часто при больших значениях переменной Фейнмана. В этом случае, полное сечение вычисляется путем экстраполяции данных, поэтому оценки сечений

очень сильно модельно зависимы. Здесь же (на установке СВД-2), был использован широкоапертурный магнитный спектрометр, что существенно расширило экспериментально измеряемую кинематическую область.

Практическая ценность диссертации состоит в том, что полученные результаты относятся к мало изученной области образования очарованных частиц с энергией взаимодействия в с.ц.м. меньше 20ГэВ. Здесь, как я уже говорил, имеется большая разница между теорией и экспериментом. Проблема неоднозначности, в этой области, существует давно и связана с тем, что эксперименты первого поколения («beam-dump» эксперименты) имеют очень большой коридор неопределенности; в то время как на экспериментах следующего поколения (БИС-2, СВД-2) был получен более точный экспериментальный результат, который может быть использован, как для анализа и сравнения с теоретическими моделями, так и для подготовки следующих экспериментов (например, CBM GSI, НИА ОИЯИ).

В работе приводится описание методов и алгоритмов, которые использовались при обработке данных эксперимента, и были разработаны автором либо при его участии. Необходимость этих методических разработок связана с конкретным набором использованной экспериментальной аппаратуры. Автором было написано соответствующее программное обеспечение и проведён большой объем расчетов по обработке данных. Автор диссертации внес большой вклад в полученные физические результаты, конечные результаты работы Сотрудничества СВД-2: ОИЯИ, НИИЯФ МГУ, ИФВЭ и в выполнение целей эксперимента SERP-E-184. Физ. работы Сотрудничества, вошедшие в диссертацию, выполнены при определяющем вкладе Киряковым Андреем Алексеевичем. Итоги работы Сотрудничества, в целом, в этом эксперименте были бы без этих работ менее значимыми. После ухода из жизни основателей Сотрудничества СВД: Ермолова П.Ф. и Моисеева А.М.; фактически, в ОИЯИ и НИИЯФ МГУ обработка данных полностью прекратилась и поэтому никакого конфликта интересов внутри Сотрудничества СВД-2, по представленным в диссертации результатам, нет. Актуальность и новизна полученных результатов не вызывает сомнения. Результаты опубликованы. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Результаты могут быть в дальнейшем использованы как для теоретических разработок, так и для эксперимента. Диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и ее автор, Киряков Андрей Алексеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 - физика высоких энергий.

**Н.Е. Тюрин:** Спасибо, Александр Павлович. Переходим к оглашению отзывов от организаций.

**Ю.Г. Рябов:** зачитывает заключение организации, в которой была выполнена работа – НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ (есть в диссертационном деле).

Заключение организации, где выполнялась работа, было принято на заседании научного семинара отделения экспериментальной физики. На нем присутствовало: 26 человек, среди которых 9 докторов наук и 5 кандидатов физико-математических наук. Семинар проголосовал «за» единогласно.

Принято следующее решение:

Диссертация Кирякова Андрея Алексеевича «Исследование процессов образования очарованных частиц в рА-взаимодействиях при 70 ГэВ/с» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

Зачитывает отзыв ведущей организации (есть в диссертационном деле). Ведущая организация - ФГБУН Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН (ФИАН) дала положительное заключение по диссертации Кирякова А.А.. На первых страницах перечисляется содержание: введение, главы, заключение, полученные результаты.

Новизна и значимость диссертационной работы Кирякова А.А. не вызывает сомнения. Ее основные результаты опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы. Научно-практическая ценность полученных результатов на фоне немногочисленных экспериментальных данных по рождению чарма в околопороговой области энергий неоспорима. Автором выполнена большая методическая работа по обработке экспериментальных данных в физике высоких энергий, и его опыт, несомненно, пригодится другим исследователям.

Сделаны небольшие замечания:

1. В тексте присутствует несколько избыточное количество англицизмов. Термин элайнмент, возможно, имело бы смысл заменить более распространенным в русскоязычной литературе термином юстировка. Также не всегда необходимы англицизмы: бим дамп, плот, брэнчинг и некоторые другие. Не всегда однородно представлены единицы измерения; например, ГэВ зачастую представлен в английской транскрипции.
2. В работе приведено сравнение полученных экспериментальных данных с монтекарловским генератором рА-столкновений FRITIOF. Возможно, для контроля

автору следовало бы подумать над выполнением аналогичных моделирований и с другими существующими генераторами (Angantyr, HJING).

Сделанные замечания нисколько не умоляют качество диссертационной работы Кирякова Андрея Алексеевича. Она является законченным исследованием, выполнена на высоком уровне и свидетельствует о высокой квалификации автора. Защищаемые положения и выводы являются полностью обоснованными. Они отличаются новизной и научной значимостью.

Диссертант удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Киряков Андрей Алексеевич безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физика-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

**Н.Е. Тюрин:** Андрей Алексеевич, Вам слово для ответа, но я думаю, Вы согласны с этими замечаниями, они имеют общий характер и их надо принять. Переходим к выступлению официальных оппонентов. Слово имеет доктор наук Бережной Александр Викторович.

**А.В. Бережной:** зачитывает свой отзыв (отзыв есть в диссертационном деле).

Здравствуйте. Я, прежде всего, хочу отметить, что, несмотря на то, что исследования тяжелых кварков имеет довольно долгую историю, они не прекращаются и получают новое развитие. В настоящий момент LHCb, каждый год нас радует новыми результатами в этом направлении. Недавно запущена в строй установка BELLE-II там тоже можно надеяться на получение интересных результатов. Это происходит от того, что тяжелые кварки являются отличным инструментом как для изучения структуры адронов и проверки предсказаний КХД, так и для поиска «следов» Новой физики за пределами Стандартной модели (тяжелые кварки относительно легче описывать в теории, чем легкие). Поэтому актуальность темы, выбранной Андреем Алексеевичем, у меня не вызывает никаких сомнений. Им выбрана, пожалуй, наиболее тяжелая область – это рождение на пороге, она мало исследована; там весьма малая статистика и изучать ее очень и очень сложно. Результаты, полученные А.А. Киряковым, уникальны; они позволяют расширить наши знания в этой области и выбрать предпочтительную теоретическую модель для описания этих новых данных.

Поражает огромный объем работы, который был проделан А.А. Киряковым в процессе обсуждаемого исследования: им создана система анализа экспериментальных данных с установки СВД-2, разработан метод элайнмента установки СВД-2, алгоритм быстрого отсева ложных вторичных вершин, выделены события с чармом и, наконец, проведена

оценка сечений очарованных частиц ( $D$ -мезонов и  $\Lambda_c$ -барионов). И это все сделано в одной работе.

Диссертация хорошо структурирована. Она содержит малое количество опечаток. Большинство применяемых в исследовании методов описано с большой степенью подробности (может даже с излишней степенью подробности).

Тем не менее работа не лишена недостатков:

1. Так, в работе следовало бы более подробно обсудить методы вычисления и источники систематических погрешностей при оценке эффективностей регистрации очарованных частиц.
2. На рисунке 4.11, где представлены события с нейтральными  $D$ -мезонами, крайняя левая точка (левый график) значительно ниже остальных точек и выброшена при фитировании. Следовало бы объяснить причину такого проседания фона.
3. Не очень понятно, зачем для фитирования фона, при таком малом количестве событий, использовать полином шестой степени (там просится что-то двухпараметрическое, не больше, как мне кажется). Такой выбор параметризации приводит к тому, что при применении всех критериев отбора описывающая фон кривая ведет себя довольно странным образом (рисунки: 5.10, 5.11). Тоже замечание относится к фитированию сигнала от  $\Lambda_c$  (рисунки: 6.1, 6.7 и 6.8).
4. Следует также отметить, что в таблицах 4.3.2 и 4.3.3 не приведены неопределенности результатов сечений.

Отмеченные недостатки ни в коей мере не уменьшают научной ценности проведенного исследования.

Результаты диссертации являются крайне важными для развития физики высоких энергий, они опубликованы в ведущих реферируемых научных журналах, прошли апробацию на российских и международных конференциях и семинарах. Они могут быть использованы в НИИЯФ МГУ, ИТЭФ, ФИАН, ИЯИ, ОИЯИ, ПИЯФ и других научных центрах, как в России, так и за рубежом. Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации. Новизна и достоверность полученных результатов не вызывают сомнения.

Таким образом следует заключить, что диссертационная работа Кирякова Андрея Алексеевича удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям, а ее автор, Киряков Андрей Алексеевич, заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук.

*Н.Е. Тюрин:* Спасибо, Александр Викторович. Пожалуйста, Вам слово для ответа.

*А.А. Киряков:* Со всеми представленными замечаниями согласен. Большое спасибо за замечания.

*Н.Е. Тюрин:* Александр Викторович, можем считать, что Вы удовлетворены?

*А.В. Бережной:* Да.

*Н.Е. Тюрин:* Спасибо.

*Н.Е. Тюрин:* Вторым официальным оппонентом у нас отсутствует. Это, Кузнецов Олег Михайлович из ОИЯИ.

*Ю.Г. Рябов:* Зачитывает основные моменты отзыва Кузнецова Олега Михайловича (весь отзыв есть в диссертационном деле).

Вне всякого сомнения, диссертантом проделана большая и продуктивная работа по анализу данных. Однако при прочтении диссертации возникает вопрос о конечной статистике, и в каждом случае она представлена по-разному. Так в последней главе посвященной  $\Lambda_c^+$  «сырой» спектр инвариантных масс показывает значимость сигнала менее 3 сигма, а после «критериев отбора событий на пост-обработку» более 3 сигма. А для нейтральных D-мезонов «сырой» спектр инвариантных масс не показан, зато после «критериев отбора событий на пост-обработку» и визуального отбора указано наличие 51 события. В случае нейтральных D-мезонов широко использовано Монте-Карло для сравнения характеристик зарегистрированных событий и сгенерированных характеристик  $D^0$ -мезонов. Следующие важные заключения, почему-то не вынесены на защиту, хотя и указаны в научной новизне. Вклады заряженных и нейтральных D-мезонов в полное сечение образования открытого чарма в pA-взаимодействиях меняются с изменением энергии взаимодействия.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают научной ценности диссертации, а являются скорее пожеланиями в совершенствовании представления результатов.

В целом Киряковым Андреем Алексеевичем проделана впечатляющая работа, как по методической части, так и по анализу данных, включая моделирование. Научные положения, сформулированные в диссертации, обоснованы, а результаты и выводы диссертации достоверны. Основные результаты диссертации своевременно опубликованы в российских и зарубежных научных журналах. Автореферат диссертации и публикации по ней полностью отражают научную новизну и содержание работы. Наличие достаточного числа публикаций в сочетании с широкой апробацией работы подтверждают выводы об актуальности, научной новизне, достоверности и научно-практической значимости, выносимых на защиту результатов.

Диссертация Кирякова А.А. удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – физика высоких энергий.

**Н.Е. Тюрин:** Спасибо, Юрий Григорьевич. Пожалуйста, Вам слово.

**А.А. Киряков:** Со всеми замечаниями я согласен. По большей части, появление подобных замечаний обусловлено тем, что не совсем в полной мере описана диссертация – что-то укорочено, что-то не вошло в диссертацию. С замечаниями я согласен.

**Н.Е. Тюрин:** Переходим к дискуссии. Есть ли желающие выступить?... Пожалуйста.

**С.С. Герштейн:** Я считаю, что эта работа действительно важная, интересная и, безусловно, заслуживает искомой степени. Я хотел бы заметить, что проблема несколько шире; на установке которой она делалась, наверное, нельзя ее решить. Я хочу напомнить, что в 1974 году, когда  $J/\Psi$  было открыто, вторые результаты были получены в нашем институте, где выявилась  $A$ -зависимость рождения  $J/\Psi$  частиц на ядрах.  $A^{2/3}$  или просто  $A$ , для механизма образования - это весьма существенно. Вот подобного рода  $A$ -зависимость было бы интересно изучать. Но это не относится к этой работе буквально, поскольку установка не приспособлена к такому, но интерес к около пороговому очарованных частиц открывает очень важные возможности.

**Н.Е. Тюрин:** Спасибо. Тогда Вам заключительное слово, Андрей Алексеевич.

**А.А. Киряков:** Спасибо всем за замечания. А что касемо  $A$ -зависимости, то для ее исследования необходима очень большая статистика, что крайне проблематично при нашей энергии, но в принципе возможно.

**Н.Е. Тюрин:** Спасибо. Теперь выбираем счетную комиссию. Предлагаю: В.В. Мочалов, В.А. Качанов и Ю.А. Чесноков.

**Объявляется перерыв на голосование.**

**После перерыва.**

**В.В. Мочалов:** Присутствовало на заседании 19 членов совета, из них по профилю 6. Роздано бюллетеней - 19; осталось не роздано – 3; оказалось в урне бюллетеней - 19. Результаты голосования: «за» - 19, «против» - 0, недействительных бюллетеней – 0.

**Н.Е. Тюрин:** Спасибо. Нет возражений у членов совета? ... Давайте утвердим Протокол счетной комиссии открытым голосованием.

**Диссертационный совет утверждает Протокол счетной комиссии.**

**Н.Е. Тюрин:** Единогласно. Переходим к обсуждению проекта Заключения о научном значении. Члены совета получили текст. Есть какие-нибудь дополнения или замечания? Мы уже не раз обсуждали его, поэтому он уже отработан достаточно. Нет замечаний? ... Давайте примем проект Заключения открытым голосованием.

**Диссертационный совет утверждает Заключение по диссертации.**

**Н.Е. Тюрин:** Единогласно. Спасибо. Андрей Алексеевич, поздравляем Вас еще раз, надеюсь, что технических сбоев у нас больше не будет.

Заседание Диссертационного совета завершено.

Председатель Диссертационного совета  
Д 201.004.01 доктор физико-математических  
наук, профессор

  
Н.Е. Тюрин

Ученый секретарь Диссертационного совета  
Д 201.004.01 кандидат физико-математических  
наук

  
Ю.Г. Рябов

