

## СТЕНОГРАММА

заседания № 18-04 диссертационного совета Д 720.001.02 на базе Международной межправительственной организации Объединенный институт ядерных исследований от 19 апреля 2018 г.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ диссертационного совета - доктор физико-математических наук, профессор Малахов Александр Иванович.

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ диссертационного совета - кандидат физико-математических наук Арефьев Валентин Александрович.

На заседании присутствовали члены диссертационного совета:

Специальность 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, физико-математические науки:

Водопьянов Александр Сергеевич	- доктор физико-математических наук
Глаголев Виктор Викторович	- доктор физико-математических наук
Мелкумов Георгий Леонович	- доктор физико-математических наук
Садовский Сергей Анатольевич	- доктор физико-математических наук
Тяпкин Игорь Алексеевич	- доктор физико-математических наук
Ужинский Владимир Витальевич	- доктор физико-математических наук
Арефьев Валентин Александрович	- кандидат физико-математических наук.

Специальность 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, технические науки:

Басиладзе Сергей Геннадьевич	- доктор технических наук
Матюшин Валентин Тарасович	- доктор физико-математических наук
Романов Юрий Иванович	- доктор технических наук
Смирнов Виталий Анатольевич	- доктор технических наук
Тимошенко Геннадий Николаевич	- доктор физико-математических наук
Тютюнников Сергей Иванович	- доктор технических наук

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц, физико-математические науки:

Батюня Борис Владимирович	- доктор физико-математических наук
Капишин Михаил Николаевич	- доктор физико-математических наук
Малахов Александр Иванович	- доктор физико-математических наук
Панебратцев Юрий Анатольевич	- доктор физико-математических наук
Ставинский Алексей Валентинович	- доктор физико-математических наук
Строковский Евгений Афанасьевич	- доктор физико-математических наук

Специальность 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, технические науки:

Агапов Николай Николаевич	- доктор технических наук
Зайцев Лев Николаевич	- доктор технических наук
Ширков Григорий Дмитриевич	- доктор физико-математических наук

**Малахов А.И.:** Мы начинаем наше заседание. Присутствуют 22 члена нашего совета, для кворума достаточно 21. По специальности докторов наук у нас тоже достаточно, 6 человек сейчас имеется, при допустимом минимуме 5. Объявляю защиту Кузнецовым Олегом Михайловичем диссертации на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц. Название диссертации: «Исследование структуры адронов в процессах с образованием очарованных мезонов». Научный консультант Игорь Алексеевич Савин (здесь присутствует), доктор физико-математических наук, профессор, ОИЯИ и почетный директор нашей Лаборатории. Официальные оппоненты: Белостоцкий Станислав Львович, доктор физико-математических наук, профессор, Петербургский институт ядерной физики имени Б.П. Константинова Национального исследовательского центра "Курчатовский институт", заведующий Лабораторией малонуклонных систем. К сожалению, Станислав Львович отсутствует по уважительной причине, но отсутствие одного оппонента, как мы знаем, допускается. Следующий официальный оппонент Бережной Александр Викторович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, заведующий Лабораторией тяжёлых кварков и редких распадов. Присутствует здесь. Дальше Васильев Александр Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра "Курчатовский институт", начальник Лаборатории поляризационных экспериментов. Александр Николаевич здесь тоже присутствует.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), г. Москва.

Предоставляю слово нашему секретарю совета Валентину Александровичу Арефьеву, для знакомства с документами, которые имеются у нас в деле. Пожалуйста.

**Арефьев В.А.** Заявление председателю совета по защите диссертаций от Олега Михайловича Кузнецова. «Прошу принять к рассмотрению и защите мою диссертацию на тему "Исследование структуры адронов в процессах с образованием



очарованных мезонов” на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц. Защита работы проводится впервые. Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело и их дальнейшую обработку. Подтверждаю, что все представляемые к защите данные и результаты являются подлинными и оригинальными и, кроме специально оговоренных случаев, получены мной лично.»

Советом была назначена комиссия в составе Капишин, Водопьянов, Арефьев по предварительному рассмотрению диссертации. Комиссия рекомендовала совету принять диссертацию к защите. На заседании диссертационного совета 23 ноября 2017 года диссертация была принята к защите. Совет постановил принять диссертацию Кузнецова Олега Михайловича к защите, назначить ведущую организацию и оппонентов. Некоторые сведения о диссертанте: Кузнецов Олег Михайлович 1955 года рождения, гражданство российское, образование высшее закончил Московский инженерно-физический институт, владеет английским, итальянским и французским языками. Имеет ученую степень кандидата физико-математических наук диссертацию на тему «Исследование очарованных частиц в гибридных экспериментах E-564(FNAL) и E-111(ИИЕР)», защитил в ОИЯИ в 1988 году. Копия диплома в деле имеется. Является автором и соавтором более 350 научных работ. Трудовая деятельность 1972-1978 студент Московского инженерно-физического института с 1978 года по настоящее время сотрудник Объединенного института ядерных исследований. В настоящее время занимает должность ведущего научного сотрудника. Имеется копия страницы сайта ОИЯИ подтверждающей, что текст диссертации заблаговременно был опубликован в соответствии с требованиями положения о присуждения ученых степеней. Имеются текст отзыва научного консультанта, текст заключения организации, где была выполнена работа (ЛФВЭ), официальный отзыв ведущей организации (ФИАН), отзывы официальных оппонентов. Все документы оформлены в соответствии с требованиями о присуждении ученых степеней.

**Малахов А.И.**: Вопросы, пожалуйста, если есть по документам. Вопросов нет, все было подробно доложено. Тогда слово предоставляется соискателю.

**Кузнецов О.М.** Я думаю, что титульный лист давно «висит», так что его не надо комментировать, а сразу можно перейти к сути дела.

Диссертационная работа как бы «разбивается» на две части: одна посвящена поиску осцилляций, а вторая измерению вклада глюонов. В обоих случаях, что их роднит в общем-то, хотя работа выполнена на разных экспериментах, то что инструментом исследования являлись очарованные мезоны  $D_S$  и  $D^0$ . В обоих случаях очарованные мезоны, как правило, полностью реконструировались, что обеспечивало наименьшую зависимость от Монте-Карло по сравнению с более инклюзивными методами. Общим является и то, что задачи по поиску осцилляций и измерению



вклада глюонов в полный спин нуклона возникли примерно в одно и то же время. В 1987 году впервые наблюдались осцилляции нейтральных  $B$  мезонов, через пару лет был запущен LEP и на LEP начался интенсивный поиск  $B_s$  осцилляций. На решение этой задачи ушло 20 лет, и она была решена. Я принимал в этом участие: я расскажу какой вклад я внес. В те же годы «разразился» спиновый кризис, после измерений эксперимента EMC и тогда же появилась идея каким образом надо решать этот кризис: необходимо было измерить вклад глюонов в полный спин нуклона. Прошло 30 лет, но спиновый кризис все еще не преодолен.

Первая часть диссертации посвящена  $B_s$  смешиванию одному из основных предсказаний Стандартной модели, которое описывается вот такими петлевыми диаграммами, где переход частица античастица происходит с изменением аромата на 2 единицы во втором порядке по слабому взаимодействию. Здесь появляется возможность проявления новой физики, таким образом осцилляции были очень интересны тем что, если вы измеряете частоту осцилляций и она совпадает с предсказываемой, это еще один положительный вклад в Стандартную модель. Если нет, то это еще более интересно, как проявление новой физики в доступном энергетическом диапазоне. Вот здесь показаны примеры, как это может происходить и помимо новой физики интересным является то, что вообще в  $B$ -физике из 9 параметров СКМ матрицы 5 могут определяться из  $B$  распадов. Что касается осцилляций здесь извлекается прецизионное отношение двух матричных элементов, если брать отношение  $B_d$  и  $B_s$  осцилляций. Брать отношение лучше, потому что сокращаются некоторые неопределенности и, как видно, дается лучшее ограничение на треугольник унитарности, ограничение дается контуром красного цвета, который уже чем, если бы просто использовать измерение одной частоты осцилляций. В чем разница между  $B_d$  и  $B_s$  осцилляциями? В принципе,  $B_d$  осцилляции открыты были довольно быстро, потому что, как видите, период осцилляций у них довольно большой, а  $B_s$  осциллируют в 40 раз быстрее и кроме того выход в  $B_d$  и  $B_s$  мезонов сильно различается на LEP. Поэтому потребовалось 20 лет, чтобы решить эту задачу, потому что для поиска  $B_s$  осцилляций надо иметь хорошее временное разрешение.

Сама  $B$ -физика родилась, когда запустили LEP и это был период довольно интересный потому, что было уже известно, что времена жизни  $B$  мезонов составляют где-то  $10^{-12}$  секунд и, что они живут дольше, чем  $D$  мезоны. В это же время развивались вершинные детекторы, появились силиконовые детекторы. DELPHI вместе с ALEPH были первыми двумя экспериментами на LEP, которые были экипированные вершинными детекторами. Вершинный детектор дает возможность применять технику «impact» параметров и он необходим для «b-tagging», да и вообще для  $B$  исследований включая «b-mixing» и « $B$  lifetime». На рисунке показана проекция поперек пучка точность восстановления  $B$  вершины по  $z$  40 микрон, а по  $\phi$  10 микрон. В направлении  $z$  пучка  $B$  адрон с типичной энергией 35 ГэВ пролетает порядка 3 миллиметров. Что касается вершинного детектора при радиусе ионопровода 6 сантиметров силиконовые цилиндры детектора имели вот такие значения. На этом слайде показан детектор DELPHI. В годы  $B$ -физики 92-95 было набрано около 4 миллионов событий в  $Z^0$  пике, распадающихся на  $B$  адроны.



Особенностью DELPHI, помимо вершинного детектора (который был так же у ALEPH), являлось то, что DELPHI единственный эксперимент, который был экипирован RICH и, это единственный эксперимент, где идентификация частиц проводилась по TPC и по RICH.

Теперь для того, чтобы понять то, что я буду дальше говорить, надо рассказать о методах поиска осцилляций. Есть можно говорить чистота осцилляций, чистота метода, который определяется тем, что восстанавливаются  $D_s$  мезоны. Вот это самый мощный метод, который все использовали в самом начале. Это когда  $D_s$  мезон сопровождается лептоном противоположного знака с большим поперечным импульсом, что может обеспечивать степень чистоты  $B_S$  выборки до 90% (т.е. доли  $B_S$  -распадов по отношению к общему числу  $B$ -распадов). Если заменить лептон на адрон, то тогда можно достичь 60% чистоты выборки, а если полностью реконструировать  $B_S$  мезон, то чистота может быть более 70%, здесь все зависит от критериев, даже и больше можно получить, но статистики тогда не будет.

Если не восстанавливать  $D_s$  мезоны, а просто брать лептон с большим поперечным импульсом, то это будет метод, в котором гораздо больше статистика, но он сильно зависим от Монте-Карло. Еще большей статистикой обеспечивает метод, когда требуется, чтобы были просто вторичные вершины, но в этом случае сюда входят не только  $B_S$ , но и  $B_d$  распады. В диссертации используется первые 3 метода, которые наибольшее чистые с точки зрения восстановления  $B_S$ . Для того, чтобы понять, что я буду говорить дальше об осцилляциях, я должен сказать пару слов, о том, что показано на этих плотах.

В осцилляциях самое главное знать какой мезон родился  $B_s$  или  $\bar{B}_s$ . Потому что, когда мезон распадается там все ясно: там есть вторичные частицы, которые и определяют  $B_s$  это или  $\bar{B}_s$ . Была разработана целая техника маркировки  $B_s$  мезона в момент образования, которая использует заряд струи, прицельные параметры и т.д. всего 9 переменных. На рисунке слева видно, как разделяются  $B_s$  и  $\bar{B}_s$  по переменной маркировки  $x_{tag}$ , а также вероятность правильной маркировки. В 94-95 годах она была выше, потому что RICH работал лучше и в это время был двухслойный вершинный детектор. Был предложен (справа) амплитудный метод поиска осцилляций, суть которого состоит в том, что события делятся на смешенные и несмешенные. Смешенной называется такая выборка, в которой величина произведения переменной маркировки  $x_{tag}$  на заряд  $D_s$  мезона меньше нуля, если же это произведение больше нуля, то такая выборка называется несмешенной. Во временную эволюцию  $B_s$  мезонов из смешенных и несмешенных выборок вводится амплитуда  $A$ . Если амплитуда  $A$  равна 1, то это сигнал от осцилляций (частота). По краям от значения частоты осцилляций амплитуда  $A$  должна на большой статистике быть равной нулю (сопоставимой с нулем). Этот подход позволял объединять результаты различных экспериментов. Но для начала нужно было зарегистрировать большое количество  $B_s$  мезонов, чтобы выполнить 3 анализа. Первый анализ - это просто измерение среднего времени жизни  $B_s$  мезона. Вот здесь указаны какие компоненты входят в измерение времени жизни по  $D_s$  лептон событиям. Затем можно измерить разницу времен жизни между двумя собственными состояниями  $B_s$ :



вот в этой формуле простая экспоненциальная зависимость распада  $B_s$  мезона заменяется на зависимость, которая учитывает два собственных состояния  $B_s$ , и наконец третий анализ - это собственно поиск осцилляций, используя, как я уже говорил, смещенные и несмещенные выборки.

На этом слайде представлен первый метод, когда  $D_s$  мезон сопровождается лептоном противоположного знака. видно какие моды распада восстанавливались. Чтобы набрать большую статистику использовались полулептонные распады  $B_s$  и уж совсем большую статистику получить можно, если не полностью восстанавливать  $D_s$  мезон, а только  $\phi h$ . Фон очень большой. но тем не менее это позволяло, что-то добавить. Показано время жизни  $B_s$ , которое было измерено в первом методе.

Второй метод - это адронные распады, здесь вместо лептона используется адрон, который выбирается по прицельным параметрам определенной техникой. На слайде показаны распределения инвариантных масс после того, как адрон уже присоединен к  $B_s$  мезону. Приведено измеренное время жизни  $B_s$  мезона. Во втором методе нельзя, как в случае  $D_s$  лептон (где лептон - это очень мощное подавление фона) использовать не полностью восстановленные распады  $D_s$ . Поэтому, как раз отсюда родилась идея попытаться полностью восстанавливать  $B_s$  мезон. Но сначала я покажу среднее время жизни  $B_s$  мезона, измеренное первыми двумя методами.

Вот это распределение времен распада  $B_s$  для событий с лептоном: видно, что 90% желтой области это сигнал. А вот это распределение для событий с адроном: сигнал гораздо меньше, но статистика в 10 раз больше и получаются точности измерения времен жизни примерно одинаковые. В таблице показано измерение среднего времени жизни  $B_s$  в DELPHI, а также результат, представленный группой, которая объединяет результаты экспериментов. Лучше сравнивать результаты DELPHI с объединенным результатом 2005 года, так как в это время еще не было измерено время жизни двух собственных состояний  $B_s$  мезонов. Видно, что согласие очень хорошее, в объединенных результатах 2016 года доминируют измерения с LHCb, в этом случае тоже наблюдается неплохое согласие. Конечно, в объединенный результат 2005 года входит и результат DELPHI, но корреляция очень слабая из-за того, что в этих цифрах доминируют измерения с Теватрона. Ограничение, которое было получено на относительную разницу ширины распада собственных массовых состояний  $B_s$  мезона составляет менее 0,45.

Следует сказать несколько слов о точности восстановления времени распада. В инклюзивных каналах временное разрешение определяется вот такой формулой, где есть две составляющие одна из них зависит от пространственного разрешения, а вторая от импульсного. Демпинг- это как бы размытие осцилляций. Когда у вас есть полностью реконструированные распады, то пренебрегается членом с импульсом, потому что импульс восстанавливается хорошо. Демпинг снижается. Полностью реконструируются, как правило 2-х или 3-х частичные распады  $B_s$ , поэтому углы разлета большие и, в принципе, временное разрешение определяется пространственным разрешением. Временное разрешение, которое было получено имеет вот такое значение, которое более, чем в два раза лучше, чем разрешение в



более инклюзивных методах. Впервые этот анализ был выполнен мною в DELPHI, потом повторен в ALEPH, а затем в CDF II привел к открытию  $B_s$  осцилляций.

Анализ полностью реконструированных  $B_s$  мезонов представлен на этом слайде. Были восстановлены 44  $B_s$  мезона в двух пиках. Вот это пик  $B_s$ , а второй пик состоит из событий, в которых один гамма квант или  $\pi^0$  не восстановлены. Но поскольку из Монте-Карло известно какие это распады, то для этих событий временное разрешение (после 0С фита) не на много хуже. Реконструировались 12 каналов распада, вот с таким временным разрешением. Статистика маленькая, но вы должны понять, что это было другое время и в то время, когда масса  $B_s$  мезона определялась по трем событиям, и философия была другая. Считалось, что лучше вложиться в канал с лептоном, который очень чистый (поэтому все что угодно добавляли), чем заниматься такими вещами, которые очень трудоемкие и не дают большую статистику. Вот сейчас я показывал на сколько лучше полностью реконструированные распады лучше и все хорошо, но было известно, что хорошо бы, но где взять статистику. Когда представлялся первый раз этот плот на конференцию в Moriond, он выглядел гораздо лучше, но потом для печати, для публикации, все вылизывалось он стал вот таким, каким вы его видите. Распределения рядом показывают, как этот алгоритм реконструкции работает для обычных  $B$  мезонов (чтобы убедиться, что все правильно).

Результат поиска осцилляций оказался следующим. Пика от осцилляций мы не увидели, ни в этой моде, ни в этой моде, а вот здесь совсем ограничение слабое. Но если посмотреть на ошибку, то ошибка выглядит вот таким образом: хуже всего ошибка для событий  $D_s$  адрон, где-то по середине вот такая ломаная (из-за малой статистики) кривая для полностью реконструированных  $B_s$  мезонов и вот такая зависимость для событий  $D_s$  лептон. Были сделаны тесты Монте-Карло на 100 выборках с аналогичной данным статистикой равной 44 мезонам, представленные на рисунке цветной областью, а пунктирная линия показывает усредненную ошибку. Когда стали сравнивать, то выяснилось, что события  $D_s$  лептон, считавшиеся самым хорошим методом, действительно имеют в 5 раз меньшую ошибку, чем эксклюзивные распады  $B_s$ , в области малых частот  $\Delta m_{B_s}$ , но эта разница снижается до 2 в области больших частот  $\Delta m_{B_s}$ . То есть оказалось, что метод  $D_s$  лептон более чувствителен к малым частотам осцилляций  $\Delta m_{B_s}$ , а метод полностью реконструированных  $B$  мезонов к большим.

На этом слайде показана итоговая работа DELPHI по поиску осцилляций, которая была направлена на конференцию в Осаку, ее подписали всего 9 человек и среди них есть и моя фамилия. Теперь финал. Здесь указаны эксперименты, которые принимали участие в поиске  $B_S - \bar{B}_S$  осцилляций. Конечный плот объединенных результатов был подготовлен для PDG 2006 и только с результатами этих экспериментов давал указание области  $\Delta m_{B_s}$ , где осцилляции должны были быть, но ничего определенного. А вот что сделал CDF. Вот видите 1 совпадает с распределением амплитуды  $A$ , а дальше по нулям. Сделано это было за счет полностью восстановленных распадов  $B_s$  мезонов. Тэватрон мощная  $B$ -машина, если сечение  $Z^0$  в  $B$  пару всего 6 нанобарн, то на Тэватроне 50 миллибарн. В DELPHI



зарегистрировали 44 полностью реконструированных распадов, ALEPH повторил и восстановил 50 распадов, а вот эта большая цифра (8700) была получена CDF на адронной машине. В начале статьи CDF написано, что их эксперимент отличает от других именно большим количеством полностью реконструированных распадов  $B_s$ . Сейчас это все перешло в ведение LHCb и там уже другая история, LHCb ищет CP нарушающую фазу. Вот это мировое измерение  $\Delta m_{B_s}$  совпадает с предсказанием стандартной модели, которое  $18^{+3}$ . Вот эти не слишком точные  $18^{+3}$  еще до сих пор волнуют, упоминаются в статьях про новую физику.

Вторая часть диссертации, связана со спиновым кризисом вот это формула разложения спина протона  $1/2$ : вот это вклад валентных кварков, глюонов, третья компонента - вклад орбитального момента кварков и глюонов. Первый момент  $\Delta G = \int \Delta g(x) dx$  распределения спиральности глюонов,  $\Delta g(x)$ , интерпретируется, как вклад глюонов в полный спин нуклона. Величиной доступной экспериментально в прямых методах измерения является отношение  $\Delta g(x)/g(x)$ , называемое поляризацией глюонов. Величина  $\Delta G$  может быть извлечена из КХД анализа данных по инклюзивному поляризованному ГНР, включая данные по измерению поляризации глюонов.

В чем состоял спиновый кризис? В том, что правило сумм Ellis-Jaffe нарушалось, и на этом слайде показано, почему это так взбудоражило весь мир. Первый момент структурной функции  $g_1$  можно представить в таком виде через 3 матричных элемента.  $a_3$  - аксиально-векторная константа связи хорошо вычисляется из распада нейтрона: вот цифра, которая получается.  $a_8$  считается из гиперонных распадов: вот цифра, которая получается. Правило сумм Ellis-Jaffe состояло в том, что поскольку не было информации о  $\Delta s$  морских кварков, (она стала доступна только потом в более поздних измерениях), то возникало естественное предположение, что поляризация морских  $s$  кварков равна 0, и получалось, что сумма вклада от валентных кварков,  $a_0 = \Delta \Sigma$ , в спин нуклона составляет 0,6. Измерение EMC показало, что  $a_0$  не равно 0,6 и тогда родилась идея, кстати одними из первых ее предложили Ефремов и Теряев, о том, что невозможно правильно посчитать вклад валентных кварков, если не учитывать глюоны, которые экранируют кварки: отсюда и родилась идея, что нужно измерять вклад глюонов. Как видно на рисунке, если  $\Delta G$  равно 0, тогда получается спиновый кризис ( $\Delta \Sigma$  маленькая), а если вклад  $\Delta G \sim 2,5-2,6$  то получается правило сумм Ellis-Jaffe ( $\Delta \Sigma \sim 0,6$ ). На COMPASS измерение поляризации глюонов  $\Delta g(x)/g(x)$  проводилось в 2002-2007 годах. На этом слайде показан схематический вид эксперимента COMPASS. Показана мишень с двумя ячейками, которые поляризовались противоположным образом, 160 ГэВные мюоны, два магнита, все как полагается для мягких и жестких частиц, RICH, годоскопы и фильтры для идентификации мюонов. Для измерения  $\Delta g(x)/g(x)$  использовался вот такая диаграмма, которая называется диаграммой фотон-глюонного слияния. В результате «слияния» виртуального фотона и глюона рождается кварк-антикварковая пара. Если брать любые адроны, которые здесь получаются, то это будет метод «больших  $p_T$ ». Отбираются адроны с определенными поперечными импульсами, но этот метод очень сильно зависит от Монте-Карло, а вот чистый метод (метод



открытого очарования) это когда вы берете с анти-с пару и регистрируете  $D^0$  мезон, Почему  $D^0$  мезон? Потому что векторные и псевдоскалярные  $D$  рождаются вот в такой пропорции, а потом все векторные нейтральные  $D^*$  распадаются 100% на  $D^0$  мезоны, а заряженный векторный  $D^*$  мезон распадается на  $D^0$  с вероятностью 68%, то есть абсолютное доминирование  $D^0$ . А если у вас есть большая поляризованная мишень, то о вершинном детекторе не может быть и речи. Вершинным детектором фигуральный образ служила разница масс векторного и псевдоскалярного  $D$  мезонов. Здесь показаны спектры инвариантных масс  $D^0$  мезонов, которые были получены. Если использовать разницу масс векторного и псевдоскалярного  $D$  мезонов, то такие выборки называются меченные, в противном случае – немеченные. Вот смотрите, если просто распад  $D^0$  мезона на  $K\pi$ , то пик очень слабый, хотя статистика бешеная, а вот после того, как вы находите мягкий  $\pi$ -мезон и накладываешь ограничение на разницу масс векторного и псевдоскалярного  $D$  мезонов. Пик растет прекрасно - это видно. Вот тут показан канал с  $\pi^0$ . Вот эти каналы основные, а эти были добавлены в конце анализа: с подпороговым  $K$  мезоном и распад  $K$  мезона на  $3\pi$ . Полная статистика составила 86 тысяч  $D^0$  мезонов. Но опять же перед тем, как двигаться дальше надо сказать несколько слов про измерение асимметрии. Измеряется вот такая асимметрия, где пучок естественным образом поляризован, а поляризация в двух ячейках меняется, сначала так, потом вот так, чтобы убрать эффект акцептанса. Вот эти «u» и «d» это фактически  $D^0$  мезоны (вместо мезонов могли быть другие частицы, для измерения их асимметрии). Потом происходит извлечение поляризации глюонов из этой асимметрии: в лидирующем порядке учитывается только комбинаторных фон, в следующем за лидирующем порядке приходится учитывать физический фон от других диаграмм. Метод открытого очарования плох тем, что статистика мала, но хорош тем, что Монте-Карло входит сюда только для расчета партонной асимметрии  $a_{LL}$  или «analysing power». Как видите  $a_{LL}$  в нейронных сетях довольно хорошо восстанавливается вот эта параметризованная, а вот это сгенерированная. Теперь перейдем к результатам. Вот здесь показаны все мировые результаты по прямому измерению поляризации глюонов  $\Delta g(x)/g(x)$  в лидирующем порядке. Из 7 мировых измерений 5 принадлежат COMPASS, как и единственная точка на этом плоте измерение методом открытого очарования. На рисунке показаны разные глобальные фиты. Как видите все крутится вокруг нуля. Беда в том, что здесь нет большого интервала по  $x_g$ . Вот второй плот, показывающий следующее за лидирующем порядком значение поляризации глюонов которое оказалось вот таким. Здесь же представлены те что были на предыдущем плоте глобальные фиты, включая фит, который выполнен в самом COMPASS. Дело в том, что COMPASS является продолжением эксперимента SMC и от этого эксперимента перешла программа, которая предназначена для численного решения уравнений эволюции. Ее каждый раз используют, когда что-то новенькое появляется, мировые данные по структурной функции  $g_1$ , допустим из COMPASS 86 точек. а полное число данных, которые используются в фите гораздо больше. В результате фита я уже раньше повторял, что первый моменты имеют разный знак и хорошо описывают данные (имеются ввиду вот эти данные), поэтому выбрать правильный знак не представляется возможным. Величина и знак  $\Delta G$ , какое



состояние на настоящий момент. На настоящий момент, если брать положительный знак, вот это измерение COMPASS. То, что знак положителен было показано годом позже: обрабатывались данные с RHIC два фита было и вот значения, которые были получены поразительным образом похожи на цифру порядка 0,2. Последний фит, который делала команда Лидер-Сидоров-Стаменов в 2015 году, они получили вот такое значение  $\Delta G$ . Не обращая значение на  $Q^2$ . потому что ошибки большие (при разных  $Q^2$   $\Delta G$  не совсем одинаковы), но тем не менее все результаты говорят о том, что  $\Delta G$  где-то 0,2 и это значение на порядок меньше, необходимого для решения спинового кризиса в рамках «глюонной аксиальной аномалии». Эти результаты придают проектам по измерению вклада орбитального момента кварков и глюонов в полный спин нуклона первоочередную роль в решении спинового кризиса.

Я хочу сказать, что спиновый кризис затяжной, можно много говорить про него. В Америке «делается» Электрон-Ионный Коллайдер. есть проект, то ли он на RHIC будет, то ли в JLab. Это будет 25 год и вот там будет сделана решающая попытка, чтобы попытаться прояснить ситуацию. Если будут вопросы я скажу, потому что спиновый кризис делится на две части экспериментальную и теоретическую.

**Малахов А.И.** Спасибо Олег Михайлович. И сейчас у нас настала пора задать вопросы, если они есть. Пожалуйста Борис Владимирович.

**Батюня Б.В.** Здесь как-то специально не обозначено. У Вас приводятся основные цифры, как я понимаю, нижний предел на частоту осцилляций и величина  $\Delta G$ . Для нижнего предела указан 95% уровень достоверности. У меня вопрос такой, нет такого акцента на систематические ошибки. Есть конечно систематические ошибки во времени жизни, но там понятно, что получается. Но вот эти цифры 95% и ошибка в  $\Delta G$ . Я так понимаю все-таки она систематику включает, у вас очень маленькая статистика, видимо статистическая ошибка большая, но все-таки насчет систематики?

**Кузнецов О.М.** Систематика в осцилляциях это будет разрешение, систематика связанная с определением времени распада, систематика метода: берется Монте-Карло, генерируется со временем жизни 1,6 пикосекунд потом весь алгоритм прилагается и смотрится какая разница получается при восстановлении.

**Батюня Б.В.** Вы можете разделить ошибку в  $\Delta G$  на статистическую и систематическую, или она у вас какая-то общая?

**Кузнецов О.М.** Ошибка, которая выдана, она общая. Но, если Вы посмотрите ошибки для поляризации глюонов, там они разделяются. Здесь вот просто приводилась такая ошибка, общая.

**Малахов А.И.** Ужинский, пожалуйста.

**Ужинский В.В.** На слайде 3 Вы показывали диаграммы ответственные за осцилляцию В ноль и там же сказали, что отличие от этого может говорить о новой физике. Я вот думаю, какая новая физика? Могли бы Вы, хотя бы обозначить, о чем



там идет речь или может идти речь в этой новой физике.... Суперсимметричные партнеры?

**Кузнецов О.М.** (Ищет слайд 3) Прежде всего это суперсимметричные партнеры: вот этот  $\tan\beta$ . Здесь недавно рассказывал про Стандартную модель Казаков, который говорил и про распад  $B_s \rightarrow \mu\mu$ . Суперсимметрия давала возможность повысить «branching ratio» распада и Казаков говорил про зависимость  $\tan\beta$  в шестой степени. Здесь (для диаграмм осцилляций)  $\tan\beta$  в четвертой степени. В свое время осцилляции по уровню интереса были, как сейчас распад  $B_s \rightarrow \mu\mu$ . Существует множество диаграмм для новой физики, включающих Z-прим, Аксиалы, Хиггс и т.д. (часть диаграмм показана на слайде 3)

**Савин И.А.** Олег, ты напомни разницу в энергиях, которая там была и, где ожидается новая физика...

**Кузнецов О.М.** осцилляциях масштаб был «лабораторный», а на LHC прошли до 1 ТэВ и ничего не нашли.

**Ужинский В.В.** Вот это и смущает.

**Кузнецов О.М.** В свое время ничего не нашли в осцилляциях, теперь прошли выше и в знаменитом распаде  $B_s \rightarrow \mu\mu$  тоже ничего не увидели.

**Малахов А.И.** Давайте перейдем к следующему вопросу, если есть еще. Пожалуйста, вопросы есть? Не видно. Тогда по регламенту предоставим слово консультанту, если он желает что-то сказать. Игорь Алексеевич Вы как?

**Савин И.А.** Я просто для любителей физики хочу напомнить некоторые истории на нашей жизни. Вы помните, если кто начинал примерно в то время, когда я начинал работать или чуть позже, то была такая загадка  $K_1$  и  $K_2$ . Очень многие физики и экспериментаторы и теоретики не понимали, что это такое. Как это может быть, что одни распадаются с одним временем жизни, а другие с другим временем жизни (разница два порядка) и так далее и так далее... а масса одинаковая и прочее. И когда в 64 году на конференции на физике высоких энергий, которая состоялась в Дубне, первый раз показали, что не только  $K_1$ , а и  $K_2$  мезоны могут распадаться в одну и ту же моду на  $2\pi$  мезона, это было величайшее смущение для всей общественности, потому что CP сохранение этого никак не разрешало. Тогда всякие придумывали способы, что, как, чего и прочее и прочее. А два наших замечательных физика, которые здесь работали, Михаил Исаакович Подгорецкий и Эдгар Оскарович Оконов напомнили основы квантовой механики. Согласно этому закону, если два объекта, которые различаются между собой очень сильно, тем не менее распадаются в одно и тоже конечное состояние, то должна быть интерференция между ними на основании общих принципов квантовой механики. Они написали «препринтик»: этот «препринтик» тут же попал в ЦЕРН и две очень квалифицированные группы (два



эксперимента) подали «proposal». Если два состояния, тогда были  $K_1$  и  $K_2$ , а здесь у него другие состояния, которые аналог, уже когда появились кварки и все остальное тоже разница примерно такая же и идея та же самая. Значит, если там интерференция была доказана экспериментально это дало ответы на все вопросы и все остальное развитие было само собой. И уже потом в Протвино, основываясь на этом эксперименте, мы предложили использование этого для изучения динамики сильных взаимодействий. А в Протвино тогда это было очень интересно, потому что надо было показать, как изменяется сечение взаимодействия частиц с энергией, это вы все помните, и был так называемый Серпуховской эффект и там интерференция, которая была обнаружена в ЦЕРНе использовалась, чтобы доказать, что сечение после этого в этом районе энергии продолжает расти и теорема так называемого Померанчука соблюдается и так далее. Следующее, как только появилась, вот эта система, новые кварки и так далее и так далее с интервалом в 30 или сколько-то лет, но идея та же самая, если распадаются из одного состояния в разные, то должна быть интерференция. Они это называли осцилляциями, но это тоже самое это интерференция, между двумя распадами по двум каналам. А это очень интересно получается, как бы то, что было доказано в одном случае при меньших энергиях, работает в другом случае при другой, то есть как бы внедрение того что было в науке в другой научной проблеме, потрясающий эффект этой группы. Но почему-то они приняли это определение не все понимают, что это одно и тоже. Это один мой комментарий.

Второй комментарий, что тоже самое, те же самые эффекты можно наблюдать, изучая другую проблему. Это вторая часть доклада, которая, на самом деле, прямо с первой не связана, но использует те же самые вторичные частицы, а они оказались наиболее чистые и наиболее подходящие для этого интервала энергий, где вклад глюонов в спин протонов пытались получить на COMPASS. Величина вполне правильная при одном теоретическом предположении, что используется такой-то такой-то знак, но что он такой должен быть не хватало в ЦЕРН ни статистики ничего остального. Вскоре, через какой-то год появились результаты из Америки, что знак нужно выбрать положительный, тогда он тот же самый. И это вторая демонстрация, как зная и то-то и какие замечательные вещи бывают в физике можно это вот так показать, как и сделать. Но вот еще что, тот анализ который Олег проделал, и думая вы тоже обратили на это внимание требует огромного искусства, как это все это все делают как посчитать и как получить результат в принципе правильный, используя по нынешним временам ничтожную статистику, тем не менее, значит это искусство экспериментатора. Это как бы большое удовольствие можно испытывать, что все-таки мало того, что есть физика, а есть еще аппарат, которым владеют физики, и его используют для того, чтобы ну из чего-то получить чего-то по русской пословице. Замечательная история так или иначе я хотел, чтобы вы обратили внимание на особенности этой диссертации, которую Олег сделал. Он мало говорил про математику, потому что для этого конечно нужно быть на семинаре полностью и так далее, но в диссертации все это есть я прошу мне поверить в этом смысле, да и он этим владеет.



Малахов А.И. Спасибо Игорь Алексеевич.

Кузнецов О.М. А можно мне: я хотел бы Ужинскому ответить.

Малахов А.И. У нас будет еще дискуссия. Не надо нарушать регламент, который у нас очень строгий: ВАК контролирует, запись идет, не надо отклоняться от программы. Сейчас мы должны заслушать заключение организации, где выполнялась диссертация, отзыв ведущей организации и, если есть, какие-то другие отзывы. Пожалуйста, ученый секретарь имеет слово.

Арефьев В.А. зачитывает заключение Научно-Технического Совета Лаборатории физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина Объединенного института ядерных исследований (заключение прилагается).

Малахов А.И. Критических замечаний вроде не было, тогда к следующему документу переходим.

Арефьев В.А. зачитывает официальный отзыв ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (отзыв прилагается).

В отзыве содержатся следующие замечания:

Диссертация выполнена на высоком профессиональном уровне и отвечает лучшим стандартам, принятым в современных экспериментальных исследованиях в физике высоких энергий. Все замечания носят исключительно стилистический характер. Они относятся лишь к неточностям, встречающимся в общетеоретическом введении и вполне извинительным для не сугубо теоретической работы. Имеются отдельные опечатки, в том числе в написании имён и географических названий, встречаются неудачные фразы.

До некоторой степени небрежно изложены основные положения Стандартной модели.

На стр. 9 сделано утверждение, что очарованные кварки были предсказаны в Стандартной модели. Это не вполне правильная формулировка, На стр. 10 автор увязывает явление невылетания цвета (конфайнмент) с возрастанием эффективной константы сильных взаимодействий на больших расстояниях, что тоже не вполне правильная формулировка, На той же странице автор некорректно приписывает ненулевую массу кварков вакуумному конденсату Хиггсова поля. Не очень понятен и смысл заключительной фразы о том, что  $u$  и  $d$  кварки "лежат на поверхности". Скорее уж "на поверхности" лежат их связанные состояния.

Все замечания имеют исключительно стилистический характер, никак не отражаются на представленных результатах и не умаляют их значимости.

Общая оценка работы

Диссертация основана на работах, опубликованных в реферируемых высокорейтинговых журналах. Основные её результаты докладывались автором на семинарах, рабочих совещаниях и международных конференциях. Выводы диссертации обоснованны, полностью соответствуют поставленной задаче и логично



вытекают из проведенной работы. Все выносимые на защиту результаты получены при определяющем вкладе самого автора. Автореферат полно и ясно отражает содержание диссертации. Полученные диссертантом результаты могут использоваться в ИТЭФ, ИФВЭ, ИЯИ, НИИЯФ, ПИЯФ, ОИЯИ, ФИАН, а также других научных центрах России, Европы, Азии и США.

Диссертация О.М. Кузнецова отвечает всем требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного Постановлением 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор О.М. Кузнецов заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц.

**Малахов А.И.** Спасибо. (Обращаясь к диссертанту) поскольку какие-то замечания все-таки были...

**Кузнецов О.М.** Замечания по Стандартной модели связаны с тем, что я использовал УФН и статья откуда большую часть материала я взял (в диссертации есть на нее ссылка), была написана не «специализированным образом». За все, что Баранов добавил, раскритиковал и объяснил спасибо ему. Объяснил более глубокий смысл, чего автор того обзора не вкладывал в статью. Что касается опечаток, то я их признаю.

**Малахов А.И.** Спасибо. Давайте двигаться дальше. У нас там есть еще какие-то отзывы?

**Арефьев В.А.** Имеется письмо от руководителей эксперимента COMPASS: **dr. A.Magnon**, Университет Иллинойса руководитель эксперимента в 2003-2011 гг. и **dr. F.Kunne**, CEA-Saclay руководитель эксперимента в 2011-2015 гг. Оно короткое я его полностью зачитаю.

«Мы знаем Олега Кузнецова с 2004 года, когда он работал 2 года в эксперименте COMPASS в CERN и затем в Saclay в составе группы COMPASS с 2006 по 2012 годы.

Как члены группы COMPASS Saclay, мы прекрасно знаем его впечатляющий вклад в обработку данных эксперимента.

Как бывшие руководители эксперимента, мы никогда не давали рекомендаций по использованию публикаций COMPASS в диссертациях физиков в их собственных странах. Это не в правилах коллаборации. Мы давали только многочисленные рекомендательные письма на открывавшиеся научные позиции.

Работая в COMPASS, Олег Кузнецов сделал значительный вклад в поиск пентакварков, измерение поляризации глюонов, а также в изучение конечных состояний с  $\pi^0$  в измерении поляризации глюонов и Глубоко Виртуального Комптоновского Рассеяния, также в изучение эксклюзивного рождения  $\pi^0$  и планирование будущих измерений Обобщенных Партоновых Распределений



У нас нет сомнений в уровне его квалификации, необходимой для защиты докторской диссертации.»

**Малахов А.И.** Спасибо. Замечаний нет. Мы дальше должны перейти к отзывам официальных оппонентов. Поскольку один из оппонентов, Станислав Львович Белостоцкий, отсутствует, то мы по традиции начинаем с отзыва отсутствующего. Пожалуйста, Валентин Александрович.

**Арефьев В.А.** зачитывает отзыв официального оппонента Станислава Львовича Белостоцкого (отзыв прилагается).

**Малахов А.И.** Что-то я там критики не слышу.

**Арефьев В.А.** Критики нет.

**Малахов А.И.** Спасибо. Теперь переходим к отзывам присутствующих оппонентов. У нас следующим числится Александр Викторович Бережной доктор физ.-мат. наук, профессор РАН, НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына. Пожалуйста.

**Бережной А.В.** Как уже говорилось диссертация Олега Михайловича посвящена двум фундаментальным проблемам физики высоких энергий. Это изучение тяжелых кварков, а именно, изучение свойств нейтральных  $V_S$  мезонов и использование тяжелых кварков для изучения структуры адронов. Но несмотря на довольно долгую историю изучения тяжелых кварков, эта тема по-прежнему актуальна. Под нее планируются новые эксперименты: скоро будет введена в строй новая установка BELLE-II, также планируется «upgrade» LHCb на большую светимость. Но, что важно и, что самое интересное, физика тяжелых кварков преподносит нам, ну не каждый год, но довольно часто какие-то новые открытия, сюрпризы. Мне, как члену коллаборации LHCb, приятно упомянуть об открытии в прошлом году дважды очарованного бариона, также LHCb открыла несколько узких, очень узких пиков в распадах возбужденного состояния  $\Omega_c$ , тоже не объясненных, мы имеем целый зоопарк не объясненных чармониев, включая заряженные, которые ждут еще объяснения, почему «так вышло». Поэтому вот эта задача, которую решал Олег Михайлович она в общем тренде и очень актуальна. Ну и конечно же, как уже сказано предыдущими докладчиками, проблема спинового кризиса не решена, это вторая часть диссертации и ее актуальность также не вызывает никаких сомнений.

Если мы говорим о первой части, то прежде всего, следует особо отметить огромный объем проделанной работы: проанализировано несколько десятков различных распадов на малой статистике означает большую работу, чтобы «выцепить» этот результат оценка погрешностей, разработка правильной методики это очень впечатляет и это все подробно написано в диссертации

И результат тоже блестящий: им впервые был применен метод полной реконструкции  $V_S$  мезонов и именно этот метод впоследствии привел к успеху CDF. Ну и без преувеличения я могу сказать исследование Олега Михайловича приведшее к измерению жизни  $V_S$  и установлению верхнего предела на частоту осцилляций являются безусловно пионерскими и потом эти результаты полностью подтверждены



дальнейшими экспериментами. Во второй части исследования тяжелые кварки являются не объектом исследования, а инструментом исследования. Кузнецовым впервые был применен метод открытого очарования. Этот метод обеспечивает наименее модельно-зависимый способ измерения глюонной поляризации, он в очень большой степени подробно описан в диссертационной работе и никаких сомнений не возникает, что эти измерения крайне важны для понимания структуры адронов: они были включены в общий КХД анализ и таким образом был оценен глюонный вклад в полный спин нуклона.

Сама диссертация хорошо структурирована. Применяемые в исследовании методы описаны с большой степенью подробности. Я хочу сказать, что ее было интересно читать, просто как бы для общего развития, там много деталей экспериментальной работы. Недостатки носят чисто формальный характер. Они относятся к оформлению. Замечено на странице 98 перенос сделан некорректно, где-то в одной главе не хватает названия или приведено пол названия. И еще вот в этой бумажной копии мне досталась две 137 страницы одна цветная, другая черно-белая. А так все в порядке. Я позволю себе зачитать формальную часть отзыва.

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 использоваться НИИЯФ МГУ, ИТЕФ, ФИАН, ИЯИ, ИФВЭ, ПИЯФ и других научных центрах как России, так и за рубежом. Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации. Новизна и достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Таким образом следует заключить, что диссертационная работа Олега Михайловича Кузнецова удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК России к докторским диссертациям, а её автор, Кузнецов Олег Михайлович, заслуживает присуждения ему степени доктора физико-математических наук. Все спасибо.

**Малахов А.И.** Спасибо Александр Викторович. (Обращаясь к диссертанту) на замечания Александра Викторовича Вы хотите что-то сказать?

**Кузнецов О.М.** На замечания по оформлению не возражаю.

**Малахов А.И.** Значит, на замечания по оформлению Вы не будете возражать. Тогда у нас еще один оппонент - Александр Николаевич Васильев доктор физ.-мат. наук, профессор Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт Физики Высоких Энергий им. А.А. Логанова». Пожалуйста.

**Васильев А.Н.** После такого яркого выступления Игоря Алексеевича, после зачитанных заключений и выступления ряда оппонентов повторы неизбежны. Я постараюсь их минимизировать, но как говорить тут куда не денешься,



поскольку мы обсуждаем один и тот же материал. В диссертационной работе Олега Михайловича Кузнецова, как уже несколько раз отмечалось два направления науки освящены. Первое интерференция  $V_S$  мезонов и второе поляризация глюонов. Интерференция, или как ее определили осцилляции, действительно тогда представляла огромный интерес, потому что могло бы быть указание на новые явления за пределами Стандартной модели (нельзя забывать, что это было бог знает когда). Вторая часть диссертации, которая связана со спиновым кризисом, посвящена изучению вклада глюонов в полный спин нуклона. Таким образом, целью диссертационной работы являлись поиск осцилляций  $V_S - \bar{V}_S$  и измерение вклада глюонов в полный спин нуклона. А связывает их единый инструмент, как мы уже выучили, используются очарованные  $D$  мезоны, причем в спиновой части диссертации, это впервые применено, что и является научной новизной.

Диссертационная работа О.М. Кузнецова объединила в единый цикл экспериментальные исследования, выполненные на установках DELPHI и COMPASS. Научная новизна в  $V_S$  секторе связана с тем, что впервые полностью реконструированные  $V_S$  мезоны были использованы для анализа, в том числе, и исследования осцилляций.

Диссертация состоит из введения, восьми глав и заключения. Краткое содержание каждой главы, я думаю надо пропустить. Чтобы что-то запомнилось из диссертации обычно ведь всегда,

когда докладываются какие-то работы диссертации или просто научные работы там много много много результатов, то всегда просят назовите 2-3, чтобы у нас в памяти это осталось. Ну вот я просто для себя выделил их. Безусловно это оценка нижней границы на частоту  $V_S - \bar{V}_S$  осцилляций  $\Delta m_{B_S} > 8,5 \text{ пс}^{-1}$  на уровне достоверности в 95%. Но опять это надо представить, что это было бог знает когда, как минимум 5 лет до эксперимента в CDF. А в CDF то, что получилина огромной статистике 17,7 там было больше 8,5 вот и сходится все. Теперь время жизни порядка полутора пикосекунд. В последующих экспериментах это неоднократно и прекрасно было подтверждено. Это вот к вопросу о достоверности результатов. Вообще вот так смотришь есть работы 94 года основные работы казалось бы, а вот человек поздно защищается можно это было бы сделать и раньше, но а есть и положительный момент эти все результаты, которые у него в диссертации все прошли испытание временем ни один результат не подвергся сомнению в последующих экспериментах. Ну, а по поводу поляризации, ну здесь тоже вот померяно в точке  $x \sim 0,1$  и поляризация глюонов оказалась мала. Теперь, так как живой человек писал диссертацию, то конечно должны быть какие-то мелкие неточности и тут непонятно то ли я указываю неточности, чтобы поправить их, то ли показать, что я читал диссертацию.

На стр.4 указано, что изучение осцилляций позволяет извлечь модуль отношения элементов  $|V_{td} / V_{ts}|$  матрицы смешивания кварков СКМ, а на стр.18, где это отношение представлено в развернутом виде, знак абсолютной величины (модуля) отношения ошибочно пропущен.

На стр.30 в выражении таком-то для матричного элемента  $a_8$  спиновые плотности «u» и «d» кварков должны суммироваться. Но тут стоит ошибочно знак минус.



На стр.95 разрешение измерения времени распада  $V_S$ -мезонов приведено в тексте диссертации ошибочно в обратных пикосекундах, а в автореферате (стр.18) правильно – в пикосекундах.

Приведенные выше замечания, конечно же ни в коем случае не снижают общей высокой оценки этой работы. В целом, диссертация представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком профессиональном уровне. Также необходимо отметить хорошее оформление диссертации и ясный язык изложения. Вы знаете, когда я глянул там 8 (прежде чем прочитать) 8 глав и еще каждая глава там разбита на несколько параграфов, я подумал запутаюсь во всем этом. Но вот тут такая замечательная находка, может кому-то покажется тривиальной, но надо взять на вооружение: каждый параграф начинается с одного емкого и единственного предложения четко и ясно выражающего полный смысл данного параграфа. Как бы «executive summary» написано одним росчерком пера большого мастера. В целом, диссертационная работа очень хорошая, достоверность результатов я уже сказал. Формальные вещи: результаты работы своевременно опубликованы в реферируемых журналах и представляют интерес для текущих и планируемых экспериментов в физике частиц. Ну конечно же эта работа очень интересна будет не в трех теперь институтах НИЦ КИ-ИФВЭ, НИЦ КИ-ИТЭФ, НИЦ КИ-ПИЯФ, а также ИЯФ СО РАН, ИЯИ РАН, НИИЯФ МГУ. Это практическая ценность диссертации. Результаты в достаточной мере опубликованы в ведущих российских и зарубежных научных журналах (в том числе из списка ВАК) и представлены на российских и международных конференциях. Все вот эти позиции необходимые для диссертации они выполнены.

Следует заключить, что диссертация «Исследование структуры адронов в процессах с образованием очарованных мезонов» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842), предъявляемым к докторским диссертациям. Её автор Олег Михайлович Кузнецов, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц. Спасибо.

**Малахов А.И.** Спасибо Александр Николаевич. (Обращаясь к диссертанту) Ну что Олег Михайлович про перепутанные знаки будете отвечать?

**Кузнецов О.М.** Перепутанные знаки, это ошибка довольно простая, а вот, в обратных пикосекундах измеренное время, связано с техническим переносом, потому что используются обратные пикосекунды для измерения частоты осцилляций. Конечно я признаю эти ошибки. Хотя много было исправлено, но что-то все-таки просочилось.

**Малахов А.И.** Хорошо. Спасибо. Сейчас как раз начинается то время, когда каждый может сказать все что хочет, так называемая дискуссия.

**Ужинский В.В.** Диссертацию посмотрел, честно говоря очень хорошее впечатление: написана таким просто деловым языком, сразу чувствуется специалист. Результаты их достоверность и значимость не вызывают сомнений. Другое дело, что все-таки



вот этот сухой профессиональный язык несколько смущает. Дело в том, что я не специалист по спектроскопии и не знаю, что там было, например, с чармованными кварками, что было с  $K_L$  и  $K_S$  и так далее. Но я думаю о том, что у нас здесь будет делаться эксперимент SPD, SPD детектор. Поляризованная мишень там будет, поляризованные пучки тоже будут. Мне бы очень хотелось спросить ...

**Савин И.А.** Поляризованной мишени не будет .....

**Малахов А.И.** Будут встречные поляризованные пучки...

**Ужинский В.В.** Вопрос такой: те методы, которые предложены в диссертации, как Вы полагаете, могут быть применены на SPD или нет? Это первый вопрос... И второй вопрос снова связанный с моей неграмотностью в спектроскопии.  $K_S$   $K_L$  частота осцилляций ... одно дело, когда там пикосекунды, предположим, миллисекунды, а когда это мы опустим в ядерную среду... два ядра столкнули и идут  $d$  кварк и анти- $s$ . Анти- $s$  никуда деться не может он никак не проаннигилирует, а потом они поменялись: у нас анти- $d$  и  $s$  кварк. Анти- $d$  кварк может и прореагировать и это может повлиять на выход  $K^0$  в ядро-ядерных взаимодействиях и именно во вторичных взаимодействиях

Вот спрашивается: можно ли так прыгать от  $V$  мезонов к  $K$  мезонам или может к чармованным мезонам, вот это тоже может как специалиста хотелось у Вас спросить.

А так в целом все замечательно.

**Кузнецов О.М.** Что касается осцилляций очарованных мезонов, они в основном успевают раньше распасться. Хотя сейчас LHCb, все-таки хочет измерить и посмотреть; они примерно в 50 раз меньше, чем осцилляции  $B_d$  мезонов. А что касается разницы между  $B_s$  и  $K$  разница колоссальная из-за массы.

**Ужинский В.В.** Так ядерные эффекты здесь могут быть или не могут быть?

**Кузнецов О.М.** Ядерные эффекты могут быть. Кстати возвращаясь к вопросу о вкладе новой физики. На самом деле важно просто увидеть сигнал от новой физики, а какая она за этим стоит это еще очень долгий будет путь понять какие процессы туда войдут. Поэтому детально говорить о том, что и как можно будет только, если будет понятен масштаб новой физики. И возвращаясь обратно к SPD-NICA, естественно методы которые используются, могут быть использованы для решения задач, которые похожи. Это очевидно.

**Малахов А.И.** Спасибо. Еще, пожалуйста, есть ли желающие что-либо сказать? Могут выступать все и члены совета и гости. Да, Игорь Алексеевич.

**Савин И.А.** Я бы в конце хотел бы пару слов сказать, о чем не говорил раньше. Я хочу поблагодарить официальных оппонентов и тоже институт, который дал официальный отзыв. Мне кажется, что они очень взвешенные, очень правильные и очень хорошие. Особенно я хотел бы отметить отсутствующего здесь Белостоцкого. Его фамилия не зря помещена в этот список, потому что, если кто следил за наукой в этом секторе, то может помнить, что первую публикацию оценки возможного вклада глюонов в спин нуклона опубликовал эксперимент под название HERMES. В этом эксперименте участвовала наша группа и наша группа отказалась подписать эту работу официально. Аргументация была такая, что использовался метод Монте-Карло, который не подтверждался экспериментом в других областях, не связанных конкретно с этой физикой. Как результат они публиковали первую работу, которая



была существенно больше и, если бы она была она сейчас прозвучала, то может быть и спинового кризиса не существовало, потому что уже фактически было близко, но как только появился результат COMPASS, коллаборация HERMES официально просила нас не упоминать эту ссылку больше. Но это физика ошибаться каждый может и это особое удовольствие, потому что у HERMES постоянная связь с COMPASS все время по всем проблемам, которые изучались. Иногда, например, в том, что сейчас очень актуально, обнаружить движение кварков внутри нуклонов, которое называется в литературе, как наличие у них перпендикулярного импульса, но это означает, что есть и продольный и так далее, то есть движение. На других конференциях это так и говорят: движение кварков внутри нуклонов. По этой части тоже полное согласие с экспериментами и (для нас и для Кузнецова тоже) мне очень понравился такой вот объективный отзыв, можно сказать оппонентов, оппонентов COMPASS. Ясно, что это не последнее слово и COMPASS захотел бы продолжить и поставить точку, но для этого вы знаете (кто следит за этой физикой), что нужно перейти к изучению не инклюзивных, не полу-инклюзивных, а эксклюзивных процессов, когда мы знаем о реакции все до и все после взаимодействия, тогда и был сделан «proposal» в рамках последнего COMPASS II. Для того что бы это сделать нужно получить данные, как и на поляризованной, так и на неполяризованной мишенях. Но эксклюзивный процесс на поляризованной мишени, которая сейчас есть в COMPASS, сделать невозможно, потому что установка предназначена для регистрации всех частиц вылетающих вперед, а большая часть тех, которые как бы называются отдача, вылетают под большими углами и попадают в материал мишени и не регистрируются. Сейчас мы пытаемся провести RND с тем, чтобы попытаться внутрь мишени, а конкретно внутрь соленоида, окружающего магнит мишени, поместить детектор, Этот детектор должен работать в ужасных условиях при температуре очень близкой к нулю и в тоже время должен быть приспособлен регистрировать все остальное. Для этой цели наилучшим детектором было бы помещение туда силикона, с возможностью его работы «выживания» в таких ужасных условиях, или другого детектора, например, сцинтиллирующих фибр, но это потребует специальной работы. Сейчас CERN объявил программу поддержки вот таких новых экспериментов, связанных с такой новой ожидаемой физикой. Если это удастся то, тогда вот эта мишень, идеология, которой родилась в Дубне, (ее автор вам известен, если кто не знает могу сказать), технически была сделана, в основном в двух местах, в Saclay и в Японии. Были попытки сделать в Англии, с некоторым успехом, но оказалось окончательно, что мишень работает хорошо, только тогда, когда за нее взялся CERN и с нашим участием.

Если это получится, то тогда это прямой способ, который не обсуждается никак, он и в теории описан, только надо будет произвести новые измерения. Измерения на неполяризованной мишени уже проведены и данные находятся в обработке. Что можно сделать (спасибо за упоминание SPD) на SPD: советую соответствующие материалы прочитать, откуда очень четко следует, что на SPD абсолютно точно регистрируются все процессы, которые входят для того, что бы спиновую программу решить окончательно. Если она не будет решена раньше, где-нибудь или там, или там, потому что по той схеме, которая предполагается, проводится измерение



неполяризованных, поляризованных продольно и поперечно соответствующим способом регистрации и отсюда, что называет вклад и глюонов и орбитальных моментов будет идти на автомате из того, что измеряется. Но, если на COMPASS это не удастся проделать, то какие-то начальные оценки тоже, но полностью могут быть сделаны в JLab, но полностью спиновую проблему решить на жизни этого поколения будет очень трудно, но возможно. Так что еще раз спасибо оппонентам, которые мне кажется очень объективно оценили вклад Олега, мне это очень приятно было слышать и я думаю, что совет тоже оценит его работу. Спасибо.

**Малахов А.И.** Спасибо Игорь Алексеевич. Еще желающие выступить есть, тогда пожалуйста.

**Строковский Е.А.** Я думаю, что здесь вопрос совершенно ясен и можно двигаться дальше.

Малахов А.И. Ну, если всем все понятно, как голосовать. Все выслушали, Прекрасный доклад был конечно, оппоненты, согласен с Игорем Алексеевичем, очень хорошо изучили материал и нам доложили. Поэтому, наверное все мы определились, как голосовать и поэтому я предлагаю дискуссию закрыть, а счетную комиссию избрать в составе председатель Тяпкин И.А. члены комиссии Мелкумов Г.Л. и Арефьев В.А. Возражений нет? Нет... комиссия приступает к работе. Олег Вам последнее слово, пожалуйста, вернее заключительное.

**Кузнецов О.М.** Первое я имел счастье работать с Игорем Алексеевичем, а второе - спасибо тем, кто пришел, спасибо оппонентам за проведенную работу.

Малахов А.И. Коротко и ясно. Спасибо. Теперь мы должны избрать счетную комиссию. Предлагаются избрать следующий состав: Тяпкин И.А., Мелкумов Г.Л., Арефьев В.А. Есть возражения? Нет. Прошу комиссию приступить к работе, а членов совета к голосованию.

Перерыв на голосование.

После перерыва.

**Тяпкин И.А.** Внимание, пожалуйста. (Зачитывает протокол счетной комиссии, протокол прилагается). Результаты голосования «за» 22, «против» нет, недействительных бюллетеней нет.

**Малахов А.И.** Кто за то, чтобы утвердить протокол? Против? Нет. Воздержался? Нет. Принимается единогласно. Поздравлять еще рано. Сначала надо принять заключение совета, проект был роздан. Есть замечания по проекту? Евгений Афанасьевич, пожалуйста.

**Строковский Е.А.** Заключение содержит ряд опечаток и мелких ошибок, я передам их секретарю. Что касается неудачных формулировок, есть как минимум два предложения. Одно из них, например, звучит так (в разделе актуальность и новизна абзац номер 2), если посмотреть туда внимательно, то получается, что речь идет об исследовании двух различных разделов физики частиц. Мы не исследуем разделы физики частиц. Работы были выполнены в двух разделах. Второй момент - это неудачная формулировка «процессы, описываемые в Стандартной модели на



древесном уровне». Это жаргон, который надо поправить в документе, который идет наружу.

**Малахов А.И.** Есть ли другие замечания? Нет. Тогда мы должны принять это заключение (с замечаниями). Кто за? Против? Нет. Воздержался? Нет. Принимается единогласно.

Ну а теперь Олег Михайлович мы все Вас поздравляем.

**Кузнецов О.М.** Спасибо.

**Малахов А.И.** Спасибо всем присутствующим, объявляю заседание закрытым.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ диссертационного совета

Малахов А.И.

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ диссертационного совета

Арефьев В.А.

« 16 » мая 2018 г.

