

СТЕНОГРАММА

заседания № 15-05 диссертационного совета Д 720.001.02
на базе международной межправительственной организации
Объединенный институт ядерных исследований
от 19 ноября 2015 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 Левонович	- доктор физико-математических наук
Таратин Александр Михайлович	- доктор физико-математических наук
Тяпкин Игорь Алексеевич	- доктор физико-математических наук
Арефьев Валентин Александрович	- кандидат физико-математических наук.

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

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.

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

Батюня Борис Владимирович	- доктор физико-математических наук
Золин Леонид Сергеевич	- доктор физико-математических наук
Кекелидзе Владимир Димитриевич	- 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
Коваленко Александр Дмитриевич	- доктор физико-математических наук
Серов Александр Васильевич	- доктор физико-математических наук
Ширков Григорий Дмитриевич	- доктор физико-математических наук.

Малахов А.И.: Время начинать наше заседание. Я должен вам доложить, что кворум у нас есть – присутствуют 22 члена совета. Заседание правомочно. По специальности у нас 7 докторов. Значит здесь у нас тоже все в порядке. Поэтому мы можем приступать. Объявляю заседание совета открытым. Название диссертации, я думаю, вы уже все прочитали, поэтому я не буду терять время. Защищает диссертацию «Анализ коллективных эффектов, возникающих при столкновениях тяжелых ионов, в модели PHSD и возможность их исследования на проектируемой установке MPD/NICA», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16, физика атомного ядра и элементарных частиц, Воронюк Вадим Владимирович.

Официальный оппонент Лохтин Игорь Петрович, доктор физико-математических наук НИИЯФ МГУ, ведущий научный сотрудник присутствует здесь. Второй оппонент - Бердников Ярослав Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, заведующий кафедрой «Экспериментальной ядерной физики» по уважительной причине отсутствует, его положительный отзыв имеется.

Ведущей организацией является Петербургский институт ядерной физики им. Константинова.

Научный руководитель Рогачевский Олег Васильевич здесь присутствует.

Работа выполнена у нас здесь в лаборатории. Теперь, по порядку, надо предоставить слово ученому секретарю, который познакомит нас с теми документами, которые мы имеем в деле диссертанта. Пожалуйста, Валентин Александрович, Вам слово.

Арефьев В.А.: Уважаемые коллеги, в совет поступило заявление от Воронюка Вадима Владимировича: «Прошу принять к рассмотрению о защите моей диссертации на тему: *«Анализ коллективных эффектов, возникающих при столкновении тяжелых ядер, в модели PHSD и возможность их исследования на проектируемой установке MPD/NICA»* на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц». Защита работы производится впервые. Комиссия совета, в составе докторов: Батюни Б.В., Строковского Е.А. и кандидата наук Арефьева В.А., рассмотрела документы представленные соискателем и рекомендовала принять диссертацию к защите. Совет принял диссертацию Воронюка к защите 23 апреля 2015 года. Текст диссертации на сайте Объединенного института ядерных

исследований опубликован своевременно.

Дальше я вас познакомлю с соискателем. Воронюк Вадим Владимирович, 1977 года рождения, место рождения город Винница (Украина), гражданство Украинское, образование высшее. В 1994 году поступил в Московский физико-технический институт на факультет «Молекулярной и химической физики». В 1997 году перешел на факультет «Общей и прикладной физики» и закончил его в 2000 году. Владеет английским языком. Ученой степени пока не имеет. Имеет 22 научные публикации. Диплом Московского физико-технического института о присуждении степени магистра прикладных математики и физики по направлению «прикладная математика и физика». Копии дипломов имеются. Имеется удостоверение о сдаче экзаменов. Все три экзамена сданы на «отлично». С 1994 года по 2000 год являлся студентом МФТИ. С 2000 года по 2003 год аспирант Учебно-научного центра Объединенного института ядерных исследований. С ноября 2000 года по настоящее время научный сотрудник Объединенного института ядерных исследований. Бывал неоднократно в служебных командировках, с заданиями справлялся успешно. Женат, имеет двоих детей. В деле также имеются: отзыв научного руководителя; заключение организации, где была выполнена работа, это Объединенный институт ядерных исследований; отзыв ведущей организации, это Петербургский институт ядерной физики им. Константинова; отзывы официальных оппонентов профессора Бердникова Ярослава Александровича и доктора Лохтина Игоря Петровича. Документы, имеющиеся в деле, соответствуют требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Малахов А.И.: Спасибо. Какие-то вопросы есть по документам? Нет. Хорошо. Спасибо. Тогда мы предоставляем слово диссертанту. Вадим Владимирович, пожалуйста, доложите основные результаты вашей работы.

Воронюк В.В.: Добрый день, члены диссертационного совета и все присутствующие. Представляю диссертацию на тему: «Анализ коллективных эффектов, возникающих при столкновениях тяжелых ионов, в модели PHSD и возможность их исследования на проектируемой установке MPD/NICA»

Вообще коллективные эффекты были открыты на RHIC-е и это открытие привело к переосмыслению состояния того вещества, которое рождается при столкновении тяжелых ионов. Ранее считалось, что состояние это соответствует идеальному газу. После этого открытия, эксперимент показывает, что это сильно взаимодействующая жидкость, вообще говоря, с вязкостью. После этого открытия было много разных экспериментальных и теоретических исследований. В том числе исследований по взаимодействию этого вещества с сильным магнитным полем. Так, сильное магнитное поле может приводить к разнообразным эффектам: это изменение характера фазового перехода, изменение основного состояния вакуума, может приводить к локальному нарушению четности в сильных взаимодействиях.

Последний эффект получил название «Киральный магнитный эффект». Он был показан Харзеевым, Маклераном, и Варингом в 2007 году. Суть этого эффекта в том, что при наличии кварков в сильном магнитное поле они выстраиваются вдоль магнитного поля и при взаимодействии с топологическим зарядом происходит изменение киральности этих кварков и изменение импульсов. В результате возникает ток вдоль направления этого поля.

Соответственно цели моей работы это: изучение электромагнитных полей возникающих в ион-ионных столкновениях; изучение их влияния на наблюдаемые в транспортной модели PHSD; изучение потоковых коэффициентов и азимутальных угловых корреляций, как фона для кирального магнитного эффекта, в присутствии этого поля и/или партонной фазы; моделирование и физический анализ этих явлений в рамках программы моделирования детекторной установки MPD комплекса NICA.

В качестве генератора событий использовалась транспортная модель Партон-Адронной-Струнной-Динамики. Эта модель существенным образом отличается от других моделей. Она основана на уравнениях Каданова-Бейма. Все характеристики частиц модифицируются в среде. Для описания партонной фазы используется Динамическая модель квазичастиц, в которой задаются некоторые спектральные функции, массы и ширины. И все это фитируется к результатам решеточной КХД с помощью трех параметров. В модель встроен фазовый переход типа кроссовер с критической плотностью энергии в пол ГэВ-а на кубический ферми. И, естественно, встроена динамическая адронизация. Модель хорошо описывает экспериментальные данные в широкой области энергий без дополнительной подстройки параметров.

Здесь представлена схема столкновения тяжелых ионов. Вот два иона. Зеленая плоскость – это так называемая плоскость реакции. Она содержит центры ядер и вектор прицельного параметра. Ионы у нас заряженные. При движении у нас есть магнитное поле, обозначенное синими стрелками, и электрическое поле – красные стрелки. Магнитное поле в области перекрытия складывается, а электрическое поле, вообще говоря, сокращается. Возможность достижения сильных полей в таких столкновениях была отмечена еще 30 лет назад Воскресенским и Анисимовым.

В модель было встроено запаздывающее поле Льенара-Вихерта с учетом того, что частица должна существовать на момент излучения. Это поле учитывалось при движении частиц.

После Воскресенского было сделано две оценки магнитного поля. Это работы Харзеева и Скокова. В первой работе использовались бесконечно тонкие диски, во второй использовалась модель UrQMD но без учета влияния поля на движение частиц. Здесь показано поле в центре области перекрытия по сравнению с моделью бесконечно тонких ядер. Синяя и пунктирная кривые – бесконечно тонкие ядра для двух прицельных параметров. Пунктирная линия – это наши расчеты при учете того, что вклад дают только спектаторы. Если включить участников взаимодействия, тогда поле немного меняется, но в более поздние моменты времени. Отсюда видно, что спектаторы в основном вносят вклады в эти поля.

Для сравнения, здесь я показал таблицу магнитных полей: от поля Земли – это где-то пол Гаусса, до поля в центре звезд – это 10 в 15 степени Гаусс. В столкновениях тяжелых ионов поля могут достигать очень больших значений – это 10 в 17 степени Гаусс. Я буду использовать безразмерные переменные в квадратах пионных масс – это 10 в 18 степени Гаусс.

Здесь в плоскости реакции контурными линиями показаны уровни магнитного поля, в цвете показана плотность энергии для момента начала столкновения, максимального перекрытия и дальнейшего расширения системы. Видно, что наибольшая плотность энергии соответствует наибольшему значению магнитного

поля. По нашему критерию в этих областях должен происходить фазовый переход из адронов в партоны. Тем самым реализуется необходимое условие для кирального магнитного эффекта.

Естественным образом магнитное поле зависит от энергии столкновения: чем выше энергия столкновения, тем выше магнитное поле, но и тем меньше время действия этого поля в центре области перекрытия. Также поле зависит от прицельного параметра: величина поля наибольшая для периферических столкновений. Ниже представлено среднее поле действующее на вперед-летащие положительно заряженные мезоны для области энергии NICA. Видно, что это поле на порядок ниже по сравнению с RHIC-ом. Тем не менее, время действия этого поля на порядок больше. Здесь показано магнитное и электрическое поле.

В зависимости от положения начальных протонов-спектаторов величина магнитного и электрического поля может меняться. Здесь показано распределение полей для момента полного перекрытия для 200ГэВ. Линии, которые чуть-чуть пониже и пошире, сделаны для событийного анализа. Распределения, которые узкие, получены при усреднении по некоторому числу параллельных ансамблей. Если сделать схематическую оценку для бесконечно тонких ядер, как это делалось в этой работе Адама Бздака и Владимира Скокова, мы получаем, что бесконечно тонкие ядра очень сильно переоценивают ширину этих флуктуаций и сдвигают максимум магнитного поля.

Забегая вперед, скажу, что мы не нашли существенного влияния электромагнитного поля на наблюдаемые. Поэтому, нам было интересно посмотреть, а почему? Поэтому мы посмотрели сумму изменений импульса за счет действия некоторых сил. Здесь показано это изменение. Причем, разнесены электрическая и магнитная составляющие, это красная и синяя линии для трех компонент: X, Y, Z. Видно, что действие электрической и магнитной составляющих противоположны и, в результате, общее действие силы не такое большое. Это для 7.7ГэВ. Это для 200ГэВ. Здесь аналогичная ситуация. Результирующее действие небольшое. Это для вперед-летащих положительно заряженных партонов. Здесь, я обращаю внимание, что домножено на коэффициент. Соответственно общее действие очень маленькое.

В нашей модели есть партонные потенциалы. Партонный потенциал можно разложить на векторную и скалярную составляющие. Векторная часть показана здесь сверху. Часть которая напоминает магнитное поле слева, электрическое поле – справа. Видно, что их действие противоположно. Здесь показано действие скалярного потенциала. В результате, действие партонных потенциалов определяется практически только скалярной частью. Действие электромагнитного поля сравнимо с действием скалярного потенциала в начальное время столкновения, но быстро исчезает по мере эволюции системы.

Коллективные потоки характеризуются Фурье разложением углового распределения с этими коэффициентами v_n . Вот они выписаны как они выглядят. Вообще откуда возникают потоки – это коллективное расширение системы. В начальный момент при столкновении образуется пространственная анизотропия системы, возникают градиенты давления в этой жидкой капле, эти градиенты давления переводят координатную анизотропию в импульсную анизотропию. Первые

два коэффициента имеют собственные названия: это прямой поток и эллиптический поток. В эксперименте плоскость реакции не определена и коллективные потоки измеряют по отношению к, так называемой, плоскости события, она определяется из расширения системы. Соответственно поток это будет наблюдаемый поток разделенный на разрешение плоскости реакции.

Модель хорошо описывает потоки. Здесь показан прямой поток для разных энергий. Модель достаточно хорошо его описывает. А здесь показан эллиптический поток. Я здесь хотел бы немножко остановиться, поскольку здесь представлены STAR-овские экспериментальные данные. Эксперимент показывает, что эллиптический поток растет с ростом энергии, а чисто адронные модели не дают этого роста и занижают эллиптический поток. Партоновая модель АМРТ наоборот завышает поток, но опять же не описывает этого роста. Наша модель PHSD описывает этот рост за счет того, что у нас есть кроссовер. Здесь представлена доля энергии которая находится в партоновой фазе для центральной области быстрот. При 9ГэВ-ах порядка 25-30% находится в партоновой фазе, при 200ГэВ-ах это 90%. Тем самым объединяется низко-энергетическая часть с более высоко-энергетической. Здесь показана эволюция потоков от времени. Они формируются на ранней стадии столкновения и чувствительны к состоянию среды которая рождается в результате столкновения.

Здесь показано влияние полей. Здесь показано быстрое распределение, распределение по поперечной массе, эллиптический поток от поперечного импульса, и разные гармоники для плоскости события. Все кривые практически накладываются друг на друга и мы не видим влияния на эти наблюдаемые. Мы это связываем с сокращением действия электрической и магнитной составляющих.

Если реализуется киральный магнитный эффект, тогда здесь вдоль направления магнитного поля должно происходить разделение зарядов. Это можно рассматривать аналогично с потоками: здесь в Фурье разложении дописать коэффициенты асимметрии. Вообще говоря эти коэффициенты при усреднении по многим событиям равны нулю, т. е. среднее по многим событиям равно нулю. Поэтому в качестве возможного сигнала CP нарушения Волошиным было предложено измерять двух-частичный коррелятор в зависимости от знака заряда. Это может быть коррелятор для одно-именно заряженных частиц и для разно-именно заряженных частиц.

Здесь показан адронный фон из расчетов в адронной модели при 7.7, 11.5, 39, и 200ГэВ. Видно, что для энергий 7.7 и 11.5ГэВ модель вполне разумно описывает эти корреляции без каких-либо дополнений. При более высоких энергиях адронной модели недостаточно, должна работать и партоновая фаза. Мы делали анализ, партоновая фаза переоценивает значение эффекта.

Представляет интерес такой коррелятор: косинус разности углов, который не зависит от плоскости реакции. Его также можно использовать для оценки систематики. Здесь показан модельный расчет и экспериментальные данные. Модель дает немножко другое значение для этих корреляторов.

Зная два коррелятора, следуя этой работе, можно разложить корреляции на проекции: в-плоскости реакции и вне-плоскости реакции. Здесь показаны эти проекции для одноименно заряженных частиц и для разноименно заряженных частиц.

Наша модель дает корреляции которые сравнимы как в плоскости реакции, так и вне-плоскости реакции, в то время как на эксперименте в основном корреляции происходят в плоскости реакции. Что идет в разрез с киральным магнитным эффектом, который утверждает, что корреляции должны быть поперек плоскости реакции.

Здесь показано влияние электромагнитного поля на эти корреляции. Мы также делали анализ для проекций. Сверху показан коррелятор без учета полей, снизу с учетом полей. В пределах ошибки мы не видим этого влияния. Опять же я скажу, что это следствие сокращения действия электрической и магнитное составляющих.

Далее, я бы хотел перейти к детектору MPD. Здесь представлена его схема. В качестве минимальной конфигурации использовалась время-проекционная камера и калориметр для больших быстрот. Использовалась статистика чуть больше полу-миллиона событий. Вершина размазывалась по характеристикам пучка.

Плоскость события можно восстанавливать по время-проекционной камере и по калориметру. Слева показано восстановление второй гармоники по время-проекционной камере. Разрешение плоскости события быстро ухудшается. Это связано с тем, что модель для периферических событий немного занижает поток, плюс для периферических столкновений очень маленькая множественность. Здесь показано разрешение для 1й и 2й гармоник по прямому потоку в калориметре. Красная линия – для 1й гармоники, синяя – для 2й гармоники. Калориметр дает достаточно хорошее разрешение для обоих гармоник.

Здесь показано, как восстанавливается прямой и эллиптический поток. Это прямой поток – он достаточно хорошо восстановился. Интегральный эллиптический здесь показан. Он восстановился вплоть до области где модель дает отрицательные значения. Здесь также показано быстрое распределение и распределение по поперечному импульсу. Эллиптический поток в этих распределения тоже хорошо восстанавливается.

Обычно, азимутальные угловые корреляции рассматривают с помощью третьей частицы. Поскольку плоскость реакции неизвестна, используют третью частицу. Ее берут в другом интервале псевдобыстрот и делят, соответственно, на эллиптический поток третьей частицы. Если воспользоваться калориметром, тогда можно использовать первую гармонику. Тогда наблюдаемые корреляции имеют физическую интерпретацию: корреляции в прямом потоке и корреляции в коэффициентах асимметрии. Слева показаны наблюдаемые корреляции в зависимости от закладываемых модельных значений. Эффект очень маленький, а для периферических столкновений ошибки большие. Тем не менее коррелятор хорошо восстанавливается. Справа показан косинус разности углов. Здесь видно, что, опять же, он достаточно хорошо восстанавливается, а для периферических столкновений есть некоторая систематическая ошибка.

Если рассмотреть проекции. Здесь показаны как восстанавливаются наблюдаемые проекции в зависимости от того, что закладывается. До 50 процентов по центральности происходит очень хорошее восстановление, далее для периферических столкновений нужно повышать статистику. Можно использовать для некоторого улучшения торцевые детекторы.

Научная новизна. Впервые в код транспортной модели был включен самосогласованный расчет электромагнитного поля, генерируемого как адронами, так и партонами, с учетом обратного влияния поля на транспорт частиц. Впервые исследовалась конфигурация и характеристики самосогласованного электромагнитного поля, возникающего в столкновениях тяжелых ионов. Было выполнено оригинальное исследование влияния самосогласованного электромагнитного поля на наблюдаемые потоки и азимутальные угловые корреляции.

Основные результаты, вынесенные на защиту:

Расширен код транспортной модели для включения запаздывающего самосогласованного электромагнитного поля с учетом его влияния на последующий транспорт частиц.

Дана оценка интенсивности электромагнитного поля, возникающего в столкновениях тяжелых ионов, с учетом геометрии сталкивающихся ядер, условия запаздывания поля и движения частиц в этом поле в зависимости от параметров столкновения.

Показано, что локальная плотность энергии коррелирует с максимумами магнитного поля, тем самым создавая необходимые условия для реализации кирального магнитного эффекта. Оценены флуктуации напряженности электромагнитного поля.

Показано, что азимутальные угловые корреляции могут быть разумно описаны при умеренных энергиях с помощью обычной микроскопической транспортной моделью HSD. Ситуация сильно меняется при более высоких энергиях, больше 40 ГэВ. В этом случае необходимы другие источники корреляций, вытекающие из партонной динамики и флуктуаций цветового поля. Оценены проекции азимутального зарядового коррелятора на направления в-плоскости и вне-плоскости реакции.

В работе показано, что влияние электромагнитного поля на наблюдаемые не столь существенно как это ожидалось. Причиной является компенсация взаимного действия поперечных электрических и магнитных компонент.

Моделирование установки MPD показало возможность изучения коллективных потоковых явлений и азимутальных зарядовых корреляций в широкой области центральностей за счет хорошего разрешения плоскости события по прямому потоку в адронном колориметре для больших быстроев. При этом, для изучения периферических столкновений необходимо существенно повышать статистику.

Здесь представлен список основных публикаций. На эту публикацию, я вчера смотрел, на нее ссылаются 102 раза. Все, спасибо за внимание.

Малахов А.И.: Спасибо, Вадим Владимирович. Пожалуйста, вопросы.

Коваленко А.Д.: Вы говорите о повышении статистики, ну а конкретно мы же знаем, что она растет с повышением светимости.

Воронюк В.В.: Здесь чуть больше полу миллиона событий, естественно на NICA статистики будет достаточно. Дело в том, что этот расчет очень долгий, а на NICA будет на много быстрее, чем я рассчитывал.

Золин Л.С.: В тех первых работах которые были представлены на эту тему, почему там был пропущен этот эффект взаимной компенсации? Казалось бы, он лежит на поверхности.

Воронюк В.В.: Дело в том, что все рассматривали только магнитное поле и

партоны в магнитном поле. И еще есть такой момент, что для звезд это все рассматривалось, а там фактически статическое поле и это, можно сказать, перенеслось на столкновение тяжелых ионов.

Золин Л.С.: И еще, может быть не совсем корректный вопрос. Предполагается, что все законы электродинамики вполне применимы к плотной глюонной среде. Это так или нет? Почему это следует или других вариантов что-то считать, просто нет? Там же скорость света, в плотной среде она всегда меньше, а здесь плотности колоссальные в ядерной среде и рассуждать о скорости света вообще, казалось бы, проблема, но тем не менее все считают, что все железно работает.

Воронюк В.В.: Это работает, во первых, потому, что это поле электромагнитное с константой взаимодействия $1/137$, а в ядерной среде взаимодействие намного сильнее и это небольшая поправка. И есть работы, которые утверждают, что поправка от электромагнитного поля такой величины не такая большая к собственно-энергетическим функциям. Квантовые эффекты не такие большие.

Золин Л.С.: То есть энергетическая плотность совершенно не влияет на соотношения электродинамики, да?

Воронюк В.В.: Да.

Малахов А.И.: Еще вопросы пожалуйста.

В самом начале вы сказали, что коллективные эффекты были открыты на RHIC-е. Мы знаем, что до этого в CERN-е было много экспериментов: NA49, WA98 и т. д. Там даже, когда подводили итоги этой деятельности ядерной, говорили об открытии. Что вы имели в виду, когда говорили, что они были открыты на RHIC-е?

Воронюк В.В.: Коллективные потоковые явления.

Малахов А.И.: Ну так они изучались в CERN-е и ранее.

Воронюк В.В.: Изучались, но не в таком виде.

Батюня Б.В.: Такое может замечание. В основном сравнивались результаты со STAR-ом, поэтому на RHIC сделан упор. Но нужно было бы отметить, что потоки изучались интенсивно на LHC. И вот эта картинка, где энергетическая зависимость потоков. Конечно, хорошо было бы её продолжить до LHC. Или, по крайней мере, сказать.

Воронюк В.В.: Когда эта работа писалась, тогда были известны 200ГэВ и 62ГэВ, а потом, когда какая-то часть была написана, появились данные сканирования по энергии.

Батюня Б.В.: Вы писали в течение года. Эти работы уже были.

Воронюк В.В.: Вот первая работа в 2011 году.

Батюня Б.В.: Я говорю про вашу диссертацию. Это нужно было отметить. Тем более Волошин, который предложил метод, со своими коллегами сделал это и для LHC. Результат, правда, такой же, но стоило отметить. Но это так, просто некоторое замечание.

Малахов А.И.: Так, хорошо. К обсуждению мы еще перейдем. У вас будет еще время высказаться. Вопросы? Пожалуйста.

Золин Л.С.: Какое вы видите преимущество ваших энергий NICA по

сравнению с тем, что дают более высокие энергии для изучения подобных эффектов. Вы отметили, что с повышением энергии растет плотность в области перекрытия и все эффекты усиливаются. Возрастает существенно множественность, а это статистика. Точность определения всяких корреляций возрастает. Есть здесь преимущество?

Воронок В.В.: Что касается азимутальных корреляций, то эффект очень маленький и его нужно исследовать на очень большой статистике. Что касается потоков, то NICA имеет очень большое преимущество. Потоки формируются на ранней стадии и они чувствительны к состоянию этой среды. На данный момент, есть одна наблюдаемая связанная именно с прямым потоком. Это угол наклона прямого потока для центральной области быстрот и она не описывается адронными моделями, в нашей партонной модели она описывается, но это выходит за рамки диссертации. Как раз в этой области этот угол меняет характер поведения, не скачком правда, но меняет. Это единственная наблюдаемая которая в данный момент говорит нам что-то о состоянии среды. Потому, что остальные наблюдаемые, они не видят ни скачка при фазовом переходе, ничего.

Золин Л.С.: Область NICA это область максимальной барионной плотности. Но если высокая барионная плотность, то в прямых потоках возможно увеличение вероятности образования нуклонных кластеров, которые могут существенно менять картину. В вашей модели образование кластеров учитывается?

Воронок В.В.: Кластеров у нас нет. Есть разные методы отсеивания кластеров, но они опять же при небольшой множественности работать не будут.

Малахов А.И.: Еще есть вопросы? Если нет вопросов, переходим дальше. Предоставляется слово научному руководителю, если он желает что-нибудь сказать.

Рогачевский О.В.: Результат вы видели. Но я хочу просто для членов совета рассказать о самой работе, почему она появилась и почему была выполнена. Слово NICA пока что не произносилось, но это в рамках проекта NICA. И с самого начала, когда начинался этот проект была необходимость теоретической поддержки этого проекта. Нам нужно было выбрать теоретическую модель которая позволила бы нам с высоких энергий опускаться на наши энергии и рассматривать те эффекты, которые были уже обнаружены на RHIC-е и LHC. И экстраполировать эти эффекты к нашей энергии. Посмотреть как же эти эффекты будут выглядеть у нас. Если эти модели пытались описать эти эффекты, то нужно было посмотреть, что мы увидим, что останется от этих эффектов при нашей энергии. Вот тогда появилась возможность работать совместно с Братковской с использованием модели HSD/PHSD. И вы видели в диссертации распространение кирального магнитного эффекта и потоков как они будут выглядеть у нас, что позволяет нам рассматривать нашу установку не просто как физический прибор который будет работать, а физический прибор уже с теми эффектами физическими, актуальными в данный момент, которые всем интересные и которые мы сможем наблюдать в такой модификации. Вот так эта работа появилась и Вадим ее прекрасно выполнил. Он хорошо освоил эту модель и является сейчас одним из ведущих пользователей и ведущих разработчиков этой модели. Вот я сказал причины появления этой работы и вы видите, что объем работы в общем соответствует требованиям к диссертации. Это серьезно проработанная работа.

Малахов А.И.: Спасибо. Далее у нас есть заключение организации где выполнялась диссертация – это наша лаборатория, отзыв ведущей организации и другие отзывы. Слово Валентину Александровичу.

Арефьев В.А.: Зачитывает отзыв организации, где была выполнена диссертационная работа, то есть Объединенный институт ядерных исследований (отзыв прилагается).

Малахов А.И.: Следующая ведущая организация.

Арефьев В.А.: Отзыв ведущей организации Петербургского института ядерной физики им. Константинова национального исследовательского центра «Курчатовский институт». (Зачитывает отзыв, отзыв прилагается).

Малахов А.И.: Больше отзывов нет?

Арефьев В.А.: Других отзывов на автореферат и диссертацию в совет не поступало.

Малахов А.И.: Тут была критика, так что, пожалуйста.

Воронюк В.В.:

По поводу неопределенности решеточных расчетов. За последнее время произошел существенный прогресс в расчетах КХД на решетке, в связи с развитием компьютеров, и сейчас группы все-таки не настолько отличаются друг от друга. Расчеты на решетке это единственный способ выйти за пределы теории возмущений. Результаты расчета электромагнитных полей не изменится, поскольку поля в основном определяются протонами-спектаторами. Наиболее чувствительная величина к этим неопределенностям, это эллиптический поток, который мы хорошо описывает в широкой области энергий.

Согласен с формальными замечаниями.

С опечаткой, там два раза написано «нечетные моменты»: нечетные моменты определяются флуктуациями, четные – геометрией и флуктуациями.

По поводу пропущенной ссылки. Вот она эта публикация. Это сборник издательства Springer.

[78]"E.L.Bratkovskaya, ..., V.Voronyuk, et. al., «The QGP phase in relativistic heavy-ion collisions» In «*Exciting Interdisciplinary Physics: Quarks and Gluons /Atomic Nuclei / Relativity and Cosmology / Biological Systems*» (Springer, 2013г) под редакцией Walter Greiner; pp.225-235

Малахов А.И.: Хорошо. Спасибо. Теперь переходим к отзывам официальных оппонентов. Обычно у нас принято вначале зачитать отзыв отсутствующих.

Арефьев В.А.: зачитывает отзыв официального оппонента профессора Бердникова Ярослава Александровича (отзыв прилагается).

Малахов А.И.: Спасибо. Там три пункта замечаний.

Воронюк В.В.:

Поле определяется протонами-спектаторами и оно уже существует еще до столкновения. Его можно считать как внешнее. И, несмотря на столь интенсивные поля, квантовые поправки небольшие, поэтому его можно считать классическим.

По поводу значения центральности. Значение центральности бралось из модели, т. е. модельное значение центральности. Определение центральности это отдельная задача, которую еще кто-то будет делать.

И третий пункт по поводу публикации – вот она здесь написана.

Малахов А.И.: Спасибо. Теперь переходим к следующему оппоненту. У нас Игорь Петрович Лохтин, доктор физико-математических наук НИИЯФ МГУ, ведущий научный сотрудник. Пожалуйста.

Лохтин И.П.: Добрый день. Я с большим интересом ознакомился с диссертацией Вадима Владимировича. Целью этой работы является изучение динамики релятивистских соударений тяжелых ионов, но именно с той спецификой, что учитывается формирующееся интенсивные электромагнитные поля. Это вообще такая достаточно интересная и новая тематика и достаточно редко встречающаяся, я даже не знаю кто еще этим занимается. В этой работе проведен, в моем понимании, модельный анализ различных коллективных эффектов: это коллективные анизотропные потоки и азимутальные зарядовые корреляции, в частности с учетом фоновых эффектов для кирального магнитного эффекта – локального нарушения четности в сильных взаимодействиях. В ней также помимо теоретической части показана возможность изучения этих эффектов на проектируемой установке MPD ускорительного комплекса NICA здесь в ОИЯИ. Мы знаем, что основной задачей экспериментов с пучками тяжелых ионов является изучение состояния субъядерной материи в режиме экстремально высокой температуры и плотности энергии. Если при максимально достижимых на сегодняшний день энергиях Большого адронного коллайдера изучается в соударениях тяжелых ионов очень высокотемпературное состояние которое, как мы предполагаем, соответствует кварк-глюонной материи, близкое по своим свойствам к «протоматерии», которая существовала в ранней Вселенной, то при проектируемых энергиях NICA, там уже появляется возможность изучать динамику кварк-адронных фазовых переходов, включая поиск «критической точки», вблизи их границы. Эти две взаимодополняющие задачи являются важнейшими в современной релятивистской ядерной физике. И, таким образом, тематика весьма актуальна. Я не буду пересказывать содержание работы. Тут диссертант уже все сказал. На мой взгляд, результаты обоснованы и достоверны. Он применяет общепринятые и надежные методы моделирования рождения частиц в тоже время со своим оригинальным вкладом, т. е. некоторое оригинальное обобщение этих методов которые в данной модели используются. Кроме того модельные расчеты хорошо согласуются с доступными экспериментальными данными и это тоже оправдывает достоверность полученных научных результатов. Безусловным плюсом работы является то, что автор не ограничился теоретическими только расчетами, но довел до различных физических наблюдаемых, конкретно до анизотропных потоков и зарядовых азимутальных корреляций, до моделирования реальной установки MPD, что позволяет сделать выводы и помочь в разработке физической программы NICA и сделать выводы о перспективах измерения этих эффектов и дать рекомендации для оптимизации проектируемых детекторов. Работы опубликованы в реферируемых научных журналах и представлены на ряде научных конференций, совещаний и семинаров. У меня есть ряд замечаний, но они не есть в основном замечания по физике, они относятся в основном скорее к оформлению. Например, не все обозначения расшифрованы. Мы их знаем. А вот как читатель скажу, что, скажем, КХД вводится с первых слов – это квантовая хромодинамика, а расшифровка в тексте

и в списке обозначений отсутствует. Потом у меня были замечания по формулировкам положений выносимых на защиту. Но на сколько я увидел в слайдах соискатель уже это учел. При описании степени достоверности полученных результатов в диссертации написано: «результаты находятся в соответствии с результатами, полученными другими авторами». Однако непосредственно в данной работе сравнение расчетов Вадима Владимировича с другими моделями оно собственно на одном рисунке (3.5) и там как раз и показано, что используемая модель она гораздо лучше других моделей описывает данные. Мне кажется, что здесь больше бы подошла формулировка не «результаты находятся в соответствии с другими авторами», а «результаты находятся в соответствии с экспериментальными данными». Потом на странице 35 отмечается, что «возможность достижения очень сильных полей в столкновениях тяжелых ионов была отмечена еще 30 лет назад [111], но тогда было только две реальные попытки оценить магнитное поле [37,45].». Но ссылки [37] и [45] — это статьи 2008 и 2009 годов. В главе 3 представлены результаты расчетов для различных физических наблюдаемых, и в заключении главы отмечено, что данные расчеты проводились «без дополнительной подстройки... параметров модели». На мой взгляд, надо было указать какие это параметры модели и сколько их вообще и какова степень их влияния на результаты. Этого в работе я не нашел. Потом, согласно с замечанием которое здесь уже было до этого, здесь представлены расчеты для достаточно широкого диапазона энергий: для NICA, SPS, RHIC, но для LHC нет. Было бы интересно посмотреть, что дает данная модель для LHC, хотя я понимаю, что это скорее всего большое время компьютерного счета, оно возрастает наверное на порядки, но, в принципе, это даже не сколько замечание, сколько может предложение для дальнейшего исследования. В главе 5 автор делает вывод о том, что для улучшения точности измерения азимутальной зарядовой асимметрии на установке MPD было бы полезно привлечение торцевых детекторов. Однако данное утверждение носит качественный характер. Мне кажется, что какие-то расчеты, хотя бы на уровне моделирования детектора без откликов, можно было бы сделать. Не очень понятно, почему в списке литературы российские журналы приведены не оригинальные (русскоязычные) выходные данные, а переводные (англоязычные). Ну может это не криминал, но как-то странно. В ссылке [78] отсутствует название журнала и некоторая мелочевка по оформлению текста типа опечаток и ошибок. Это куда ж без них. Англицизмы некоторые, например, «симуляция» и «софт» по русски это «моделирование» и «программное обеспечение», или формулировка «полевая структура в виде ежа». Я понимаю, что это с английского, но по русски это слух режет, хотя может я эстетствую. Однако эти замечания не снижают общей высокой оценки диссертации. Она соответствует всем критериям положения ВАК, на мой взгляд. Является законченным исследованием, оно выполнено на высоком уровне, на мировом научном уровне, содержит значительное количество новых и актуальных результатов. Все выводы и положения достоверны и обоснованы. Диссертация обладает четкой логической структурой. Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертации. Соответственно считаю, что Воронюк Вадим Владимирович заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности физика атомного ядра и элементарных

частиц.

Малахов А.И.: Спасибо, Игорь Петрович. Там было довольно много замечаний. Пожалуйста.

Вороноук В.В.:

Со всеми замечаниями по поводу оформления я согласен. Какие-то вещи недосмотрел. Исправлял, но пропустил.

По поводу «исследований» в положениях, как я уже говорил, дана оценка интенсивности полей, показано как действует это поле. В принципе, это все я приводил. Это чисто фрагменты.

По поводу сравнения с другими работами. Да, конечно, наши расчеты находятся в соответствии с экспериментальными данными. Но также я бы хотел отметить, что в работе конечно нет этих графиков, но там упоминается модель UrQMD и наш результат сравним с этой работой и также сравним с работой по флуктуациям магнитного поля в модели HIJING.

Модель, как таковых, подстроечных параметров не имеет. Подстроечные параметры имеет часть, которая называется «динамическая модель квазичастиц», в которой задается некоторый функциональный вид константы взаимодействия и ширины для партонов. Эта модель содержит три параметра. Значение параметров вот написано. В диссертации они есть, но просто не указано, что это параметры этой модели. Других параметров, как я уже сказал, нет. Все остальные величины берутся или из эксперимента или из каких-нибудь реалистичных моделей.

Для LHC мы делали оценку. Поле возрастает где-то до 100 квадратов пионных масс, но время действия этого максимального поля, опять же, падает. При столь больших энергиях большой интерес представляет цветные поля, которые генерируются цветовыми зарядами.

По поводу торцевых детекторов. Можно ими воспользоваться для улучшения разрешения плоскости реакции. Для периферических столкновений, его можно поднять в два раза с 10 процентов до 20 процентов.

По поводу ссылок. Я ориентировался по базе inspire. В этой базе, к сожалению, только английские версии журналов. Здесь внизу написаны русские названия. Английский текст более доступен в интернете, чем русский.

Пропущенная ссылка уже была здесь.

Малахов А.И.: Спасибо. Теперь у нас есть возможность начать дискуссию. Могут выступить все желающие, не только члены совета. Пожалуйста.

Пока народ думает, я скажу. Что можно сказать, познакомившись с материалами? Конечно, работа здесь была проделана большая, полезная. Она имеет перспективу, особенно учитывая, что это задача лаборатории. Здесь очень сильно затрагиваются первоочередные проекты и соответствующие возможности дать предложение для эксперимента, используя эти материалы. Все это очень хорошо и полезно. Квалификация диссертанта, из того, что мы видели, достаточно высокая и он наверное действительно заслуживает того звания которое ищется, т. е. кандидата физ-мат наук. Конечно, здесь есть и критические замечания и некоторые я здесь высказывал. Если бы здесь были представители CERN-а, они бы, наверное, обиделись бы на то, что вы сказали, что они не занимались этими вопросами.

Поэтому здесь нужно быть аккуратным с высказываниями и быть повнимательней. По тексту тоже. Я полистал текст и даже невооруженным глазом, особенно не вдаваясь, диссертация выглядит достаточно небрежно. Это пожелание, когда будете заниматься докторской диссертацией нужно быть повнимательней. Для примера, благодарности: «благодарность лаборатории». Лаборатория – это неодушевленный предмет, благодарить нужно руководство какое-то или еще кого-то. И такого типа. Оно конечно не принципиально, но на это нужно обращать внимание тоже. Это немного портит впечатление. Пока я произносил эту речь, может, у кого возникло желание что-нибудь сказать?

Строковский Е.А.: У меня сложилось хорошее впечатление, и я буду голосовать соответственно. Вместе с тем у меня возник вопрос. Здесь упоминалось ЛНС, а я хочу в другую сторону посмотреть. Будет ли продолжение этой работы к $VM@N$ и опытах на фиксированной мишени?

Воронюк В.В.: Модель эта бурно развивается и изначально она была более-менее оптимизирована для РНС-а. Сейчас эта модель оптимизируется для более низких энергий. Не мной, но в группе PHSD, как раз для энергий NICA и ниже, модель успешно развивается в области описания выходов каонов в области горна, для правильного описания экспериментальных данных.

Малахов А.И.: Кто-то еще хочет?

Тонеев В.Д.: У меня полтора замечания. Они связаны с вопросами, которые здесь задавались в начале этого обсуждения. Это компенсация действия электрического и магнитного полей. Почему о ней не говорили другие люди. Ответ очень простой. Здесь рассмотрение самосогласованное: и электрического и магнитного поля, которые влияют друг на друга и еще получают отклик от среды. Поэтому все предыдущие работы, которые были выполнены, они касались, как правило, только внешнего электрического или внешнего магнитного поля, поэтому ни о какой компенсации не говорилось и поэтому, если вы посмотрите эти работы, в них всегда виден большой эффект. К этому нужно относиться осторожно. Половинка замечания связана с прозвучавшим здесь вопросом, а что энергия NICA, она имеет преимущество перед другими, более высокими энергиями? Вопрос должен рассматриваться в экспериментальной плоскости. Да, для каждой области есть свои условия: есть специфика экспериментов столкновительных, специфика экспериментов на мишенях. В теоретическом плане, переход от низких к более высоким энергиям это не преимущество, а он связан с тем, что включаются другие степени свободы и как они проявляются это теоретический вопрос «как?», а «измерить» – это уже экспериментальный вопрос.

Коваленко А.Д.: Здесь прозвучало NICA и MPD, установка и эксперимент. И соответственно говорилось о полезности работ, которые сделал диссертант для наших домашних, скажем так, дел. Две части в моем выступлении. Первое, это квалификация диссертанта, которая, мне представляется, достаточно высокая и заслуживающая, несомненно, присуждения ученой степени. И второе, это вещи связанные с обоснованием эксперимента на NICA, при котором всегда присутствует момент, то статистики не хватает, то точности моделирования, то еще чего-то. И я не очень хорошо услышал возможность постановки исследований в этой области на

планируемой установке. Поэтому у меня предложение к диссертанту чтобы он продолжил работу в этой области.

Малахов А.И.: Спасибо, Александр Дмитриевич. Еще есть желающие? Больше нет. Хорошо. Теперь заключительное слово, пожалуйста.

Воронюк В.В.: Я хотел бы поблагодарить моего научного руководителя Олега Васильевича за то, что он дал мне такую интересную задачу, которая постепенно развиваясь, привела к диссертации. Я хотел бы поблагодарить Тонеева Вячеслава Дмитриевича. Я хотел бы поблагодарить моих оппонентов, которые прочитали мою диссертацию, и всех вас, что вы пришли ко мне, дирекцию лаборатории за поддержку грантом для молодых ученых. Спасибо.

Малахов А.И.: Спасибо. Следующим пунктом у нас это избрание счетной комиссии. Есть предложение избрать Александра Дмитриевича Коваленко, Виктора Викторовича Глаголева и ученого секретаря совета Валентина Александровича Арефьева. Кто «за»? Единогласно. Тогда просьба к комиссии приступить к работе. А остальные читают внимательно заключение совета, которое мы должны будет принять. Просьба познакомиться.

Арефьев В.А.: Уважаемые коллеги, нужно напоминать правила голосования? В бюллетене вычеркивается ненужный пункт. Если член диссертационного совета согласен с присуждением степени, то он вычеркивает «нет»; если не вычеркнуто ни то ни другое, или вычеркнуты оба, то бюллетень признается недействительным.

Перерыв на голосование.

После перерыва.

Малахов А.И.: Счетная комиссия закончила работу и готова нам представить результаты. Слово председателю комиссии, Александру Дмитриевичу Коваленко. Пожалуйста.

Коваленко А.Д.: Протокол № 15-05 заседания счетной комиссии избранной диссертационным советом Д 720.001.02 от 19 ноября 2015 года. Состав: Коваленко А.Д., Глаголев В.В., Арефьев В.А.. Комиссия избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по диссертации Воронюка Вадима Владимировича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 31 человека. В состав совета дополнительно никто не вводился. Присутствовало на заседании 22 члена совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 7. Роздано бюллетеней 22, осталось не розданных 9, оказалось в урне 22. Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата физико-математических наук Воронюку Вадиму Владимировичу: «за» – 22, «против» – нет, недействительных – нет. Подписи членов комиссии. Прошу утвердить протокол.

Малахов А.И.: Прошу, кто за то, чтобы утвердить протокол? Пожалуйста, голосуйте. Единогласно. Спасибо. Спасибо большое комиссии и председателю. Переходим к обсуждению заключения.

Проект заключения совета был роздан в самом начале. Просьба высказаться, если есть у кого-то замечания. Евгений Афанасьевич, пожалуйста.

Строковский Е.А.: У меня совершенно мелкое редакционное замечание. Нужно проверить. Там, по-моему, есть лишняя запятая, и есть отсутствующая запятая и все. В остальном заключение хорошо написано.

Малахов А.И.: Спасибо. Есть замечания по существу? Нет. Голосуем. Кто за то, чтобы принять заключение в целом? 22. Против и воздержавшихся нет. Заключение принято. Спасибо.

Теперь, Вадим Владимирович, поздравляю Вас с успешной защитой.

Маленькое объявление перед закрытием. У нас сегодня 19 ноября родился Николай Николаевич Агапов, заместитель председателя нашего совета, главный инженер лаборатории. Давайте поздравим его тоже. Спасибо всем. Заседание закрыто.

Председатель
диссертационного совета

Малахов А.И.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Арефьев В.А.

« » декабря 2015 г.