

ОТЗЫВ

официального оппонента Лохтина Игоря Петровича на диссертационную работу Воронюка Вадима Владимировича «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)

Целью настоящей диссертационной работы является изучение динамики релятивистских соударений тяжелых ионов с учетом формирующихся интенсивных электромагнитных полей. Проведен модельный анализ коллективных потоков и азимутальных зарядовых корреляций частиц с учетом фоновых процессов для кирального магнитного эффекта (локального нарушения четности в сильных взаимодействиях), показана возможность наблюдения этих эффектов на проектируемой установке MPD ускорительного комплекса NICA (ОИЯИ, Дубна).

Основной задачей экспериментов с пучками релятивистских тяжелых ионов является создание и изучение свойств экстремального состояния субъядерной материи - кварк-глюонной плазмы, образующейся в режимах сверхвысоких плотностей энергии и температур. Если при максимально достижимых на сегодняшний день в лабораторных условиях энергиях Большого адронного коллайдера LHC (ЦЕРН, Женева) изучается высокотемпературное состояние кварк-глюонной среды, близкое по своим свойствам к свойствам «протоматерии», существовавшей в ранней Вселенной, то при промежуточных энергиях столкновений на строящемся коллайдере NICA (ОИЯИ, Дубна) 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. Таким образом, актуальность темы диссертации не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и приложения.

Во введении к диссертации обсуждаются цель и актуальность исследований.

В первой главе представлено описание основных компонент используемой транспортной модели.

Вторая глава посвящена изучению электромагнитных полей, возникающих при столкновениях тяжелых ионов, и их влиянию на движение частиц в рамках

транспортной модели PHSD. Подробно рассмотрена конфигурация полей и их взаимосвязь с параметрами столкновений. Исследованы необходимые условия для реализации кирального магнитного эффекта. Показано, что взаимная компенсация действий магнитной и электрической составляющих на движущиеся в этом поле частицы приводит лишь к незначительному суммарному влиянию электромагнитного поля на динамику столкновений.

В третьей главе представлены результаты модельных расчетов для физических наблюдаемых в соударениях тяжелых ионов. Подробно рассмотрены коллективные потоки и азимутальные зарядовые корреляции частиц. Проведена оценка адронного и партонного фонов для кирального магнитного эффекта. Показано отсутствие значимого влияния электромагнитного поля на исследуемые наблюдаемые в симметричных ядро-ядерных соударениях. Для промежуточных энергий показано, что наблюдаемые зарядовые корреляции могут быть описаны в рамках чисто адронного сценария.

В четвертой главе приведено описание многоцелевого детектора MPD на строящемся в ОИЯИ (Дубна) ускорительном комплексе NICA.

В пятой главе представлены результаты моделирования откликов детектора MPD на различные физические наблюдаемые. На основе проведенного моделирования установлена возможность изучения коллективных потоков и азимутальных зарядовых корреляций частиц на данной установке.

В приложении приведены интерфейс программного модуля для расчета электромагнитного поля и схема интегрирования уравнений движения в поле.

В заключении диссертации кратко сформулированы основные полученные результаты.

Обоснованность и достоверность полученных автором результатов обеспечивается применением оригинального обобщения общепринятых и надежных методов моделирования множественного рождения частиц в релятивистских соударениях тяжелых ионов и хорошим соответствием модельных расчетов с доступными экспериментальными данными. Безусловным плюсом работы является то, что автор не ограничился теоретическими расчетами, но также провел моделирование различных физических наблюдаемых (анизотропных потоков и азимутальных зарядовых корреляций) для условий конкретной экспериментальной установки MPD, что позволяет сделать выводы о перспективах измерения исследуемых коллективных эффектов на коллайдере NICA и дать рекомендации для оптимизации проектируемых детекторов. Основные результаты работы опубликованы в реферируемых журналах и представлены на ряде научных конференций, совещаний и семинаров.

В качестве замечаний к диссертации можно отметить следующее.

1. С первых строк диссертационной работы вводится обозначение КХД (Квантовая хромодинамика), которое интенсивно используется по всему тексту, но при этом его расшифровка в тексте и в списке обозначений отсутствует (также как и для КЭД).
2. В пунктах 2, 3 и 4 положений, выносимых на защиту, написано, что на защиту выносятся «исследование свойств...», «изучение влияния...» и «анализ азимутальных угловых зарядовых корреляций...» соответственно. На мой взгляд, более корректными формулировками было бы вынесение на защиту «результатов исследования...», «результатов изучения...» и «результатов анализа...», которые можно было бы очень кратко (хотя бы одним предложением) и конкретно здесь сформулировать.
3. При описании степени достоверности полученных результатов отмечается, что «результаты находятся в соответствии с результатами, полученными другими авторами». Однако данное утверждение напрямую из текста работы не следует. Единственный рисунок, где приводится сравнение расчетов автора с другими моделями (рис. 3.5) демонстрирует, что модель PHSD описывает экспериментально наблюдаемую зависимость коэффициента эллиптического потока от энергии значительно лучше других моделей. Думаю формулировка «результаты находятся в соответствии с экспериментальными данными» была бы здесь более уместна.
4. 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].» Однако ссылки [37] и [45] — это статьи 2008 и 2009 годов соответственно.
5. В главе 3 представлены результаты расчетов для различных физических наблюдаемых, и при этом в заключении главы отмечено, что данные расчеты проводились «без дополнительной подстройки... параметров модели». Однако в главе не указано, какие значения параметров модели использовались для расчетов, сколько вообще основных параметров модели и какова степень их влияния на результаты.
6. В диссертации представлены результаты расчетов для достаточно широкого диапазона энергий, включающего энергии NICA, SPS и RHIC, но не LHC. Обсуждение перспектив использования модели PHSD для феноменологического анализа данных LHC могло бы стать интересным дополнением к проведенному исследованию.
7. В главе 5 автор делает вывод о том, что для улучшения точности измерения азимутальной зарядовой асимметрии на установке MPD/NICA было бы полезно привлечение торцевых детекторов. Однако данное утверждение носит качественный характер, и не подтверждено расчетами для этой кинематической области (даже на уровне моделирования рождения частиц без учета откликов установки).
8. Не очень понятно, почему в списке литературы для российских журналов приведены не оригинальные (русскоязычные) выходные данные, а переводные (англоязычные), в

том числе и для публикаций по теме диссертации [72], [76] и [83]. В ссылке [78] отсутствует наименование журнала и выходные данные.

9. Обращают на себя внимание определенные недочеты в оформлении текста работы. Помимо некоторого числа опечаток, имеется ряд стилистически неудачных оборотов, например «проявления таких явлений на эксперименте» (стр.6, лучше - «в эксперименте»), «в этой главе даны результаты расчетов» (стр. 31, лучше - «представлены результаты») и т.п. Некоторые формулировки типа «полевая структура в виде ежа» или «система в форме сосиски» вряд ли соответствуют русскоязычной научной терминологии (хотя в англоязычной литературе такого рода фразы иногда встречаются). Также имеется ряд англицизмов, которые вполне можно было бы заменить русскими терминами. Например, русскими переводами слов «симуляция» и «софт» в данном контексте являются «моделирование» и «программное обеспечение».

Однако вышеуказанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации. Данная работа соответствует критериям, установленным Положением ВАК о присуждении ученых степеней, и является законченным исследованием, которое выполнено на высоком научном уровне и содержит значительное количество новых и актуальных результатов мирового уровня. Сформулированные выводы и научные положения достоверны и обоснованы. Диссертация обладает четкой логической структурой. Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертации.

Считаю, что Воронюк Вадим Владимирович заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 (физика атомного ядра и элементарных частиц)

20 октября 2015 года

Доктор физико-математических наук,
в.н.с. Отдела экспериментальной физики высоких энергий НИИЯФ МГУ,
адрес: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2, НИИЯФ МГУ
тел.: +7-495-939-12-57 (раб.), +7-916-190-80-32 (моб.)
адрес электронной почты: igor@lav01.sinp.msu.ru

 И.П. Лохтин

Подпись И.П. Лохтина заверяю
Директор НИИЯФ МГУ
профессор, доктор физико-математических наук

