

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук Захарова Бронислава Глебовича на диссертацию Лукашова Михаила Сергеевича «Непертурбативная кварк-глюонная термодинамика при конечной температуре», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. – «Теоретическая физика».

На сегодняшний день существует несколько теоретических подходов, которые позволяют изучать термодинамику кварк-глюонной плазмы и переход конфайнмент-деконфайнмент. Наиболее мощным инструментом считаются расчеты методом Монте-Карло на решетках, но, с одной стороны, фундаментальная проблема знака ограничивает область их применимости низкими плотностями, а, с другой стороны, размеры используемых решеток ограничены возможностями существующих мощных компьютеров. Наряду с решеточными вычислениями, также существуют феноменологические подходы к данной проблеме, например модель Намбу-Иона-Лазинио (НИЛ) (Вакса-Ларкина) или голографический подход. В модели НИЛ учитывается спонтанное нарушение киральной симметрии, но учет непертурбативных эффектов крайне затруднителен. В данной диссертационной работе основным методом является метод вакуумных полевых корреляторов (МВПК), исходно предложенный и разработанный группой проф. Ю.А. Симонова. Его основным преимуществом является последовательный учет непертурбативных эффектов и возможность проведения вычислений при высоких плотностях.

Диссертация выполнена в НИЦ «Курчатовский институт» и состоит из Введения, четырех глав, Заключения и списка цитируемой литературы, который, в свою очередь, состоит из 196 наименований (включая публикации по теме диссертации). Сама рукопись изложена на 113 страницах машинописного текста и содержит 26 рисунков и 1 таблицу. В первой главе (Введении) обосновывается актуальность выбранной темы, формулируется цель исследования, раскрывается научная новизна и значимость работы. Дается краткий обзор метода вакуумных полевых корреляторов. Показано, что из предположения о том, что вакуум КХД заполнен гауссовыми стохастическими полями, можно получить закон площадей для петли Вильсона и выразить натяжение струны через биллокальный кумулянт цветоэлектрических и цветомагнитных вакуумных полей.

Во второй главе обсуждается применение метода полевых корреляторов в статистической физике. Свободная энергия выражается через вильсоновскую петлю, которая в дальнейшем представляется в виде произведения пространственной проекции и поляковской линии. Далее в главе приведено вычисление этой величины с помощью кумулянтного разложения корреляционных функций. При вычислении пространственной проекции вводится понятие так называемого цветомагнитного конфайнмента. Приводятся аналитические формулы для зависимостей давления, энтропии и аномалии следа от температуры, а также сравнение полученных кривых с решеточными расчетами.

Более детальному обсуждению цветомагнитного конфайнмента посвящена четвертая глава. В ней показывается, что пространственная проекция вильсоновской петли выражается через корреляторы цветомагнитных полей и возникающее при этом натяжение цветомагнитной струны зависит от температуры как T^2 при температуре выше критической. Рост натяжения цветомагнитной струны приводит, в свою очередь, к линейному росту магнитной дебаевской массы с температурой. Также отмечается важность цветомагнитного вклада на всем интервале T до 1 ГэВ в полной аналогии с $SU(3)$ глюодинамикой.

Третья глава посвящена изучению петель Полякова в термодинамике КХД для случая трех цветов. Показано, что они явно, в виде соответствующих множителей, входят в термодинамические потенциалы и задают большую часть непертурбативной динамики, что позволяет объяснить выявленное особое поведение (также наблюдаемое на решетках) зависимости аномалии следа от температуры.

В пятой главе обсуждаются трубки тока (флакс-тьюбы) между тяжелыми кварками и антикварками, которые являются необходимым следствием конфайнмента, поэтому глубокое понимание структуры полей флакс-тьюбов может прояснить различия между различными моделями конфайнмента. Были произведены сравнения с хорошим согласием значений цветоэлектрического поля E при различных расстояниях между источниками и расстояниях до центра трубки с решеточными данными. Также в этой главе подробно обсуждается сравнение полученных результатов с моделью дуального сверхпроводника (МДС): различные варианты МДС, в принципе, можно рассматривать на том же языке, что и в формализме полевых корреляторов, однако подобное рассмотрение требует введения дополнительных внешних фитируемых параметров, тогда как в МВПК все наблюдаемые величины определяются непертурбативным масштабом — натяжением струны.

В Заключении приводятся основные результаты диссертационной работы. Их достоверность, обоснованность научных положений и основных выводов подтверждаются убедительным сравнением с численными результатами на решетках, полученными на решетках ведущими научными группами.

Стоит остановиться на некоторых недостатках работы. В диссертации проводятся сравнение результатов, полученных в рамках метода корреляторов только с данными решеточных расчетов. Сравнение результатов, полученных в рамках других феноменологических подходов, например, модели НИЛ, не проводится. Во Введении обсуждается формализм полевых корреляторов при нулевой температуре, в частности закон площадей для вильсоновской петли, но не уделяется достаточного внимания обсуждению метода корреляторов при $T > 0$. Такие центральные понятия (для данной диссертации) как цветомагнитный конфайнмент и выражение поляковской линии через корреляторы глюонных полей, а также их зависимость от температуры обсуждаются недостаточно подробно, многие выкладки, которые бы облегчили понимание текста, пропущены (хотя их можно воспроизвести по литературным ссылкам). Также очень сжато обсуждается динамика фазового перехода первого рода между газом глюоболов и глюонной плазмой и зависимость температуры фазового перехода от внешних параметров использованных в модели, например, вакуумной корреляционной длины.

Но приведенные выше замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Научная работа по данной теме была поддержана грантом РФФИ. Основные результаты многократно обсуждались на внутриинститутских семинарах и конференциях и были опубликованы в четырех печатных работах в рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК. У соискателя есть и другие публикации по данной теме. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Подводя итоги, можно заключить, что диссертационная работа Лукашова Михаила Сергеевича «Непертурбативная кварк-глюонная термодинамика при конечной температуре» представляет собой добротное и законченное научное исследование и обладает внутренней логикой и единством. Данная диссертация отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в текущей редакции), а её автор, М.С. Лукашов, несомненно, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. – «Теоретическая физика».

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН


Б.Г. Захаров

Дата: «27» декабря 2024 г.

Адрес: 142432, М.О., г. Черноголовка, просп. Академика Семенова, д. 1А,
ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН.
Тел.: (+7 495) 702-93-17. E-mail: bgz@itp.ac.ru

Подпись Б.Г. Захарова заверяю
Ученый секретарь Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН
кандидат химических наук



С.А. Крашаков

В диссертационный совет 02.1.003.05
на базе НИЦ «Курчатовский институт»


СОГЛАСИЕ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Я, Захаров Бронислав Глебович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук, выражаю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Лукашова Михаила Сергеевича на тему: «Непертурбативная кварк-глюонная термодинамика при конечной температуре», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика и предоставить отзыв в диссертационный совет в установленном порядке.

В соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» (ред. от 02.07.2021) настоящим даю согласие на обработку моих персональных данных в целях включения в аттестационное дело для защиты диссертации соискателя. Согласие распространяется на следующие персональные данные: фамилия, имя, отчество, ученая степень; ученое звание; шифр специальности, по которой защищена диссертация; место основной работы, должность; контактный телефон, e-mail; научные публикации.

Подтверждаю, что даю согласие на размещение полного текста отзыва на диссертацию и сведений об официальном оппоненте на сайте НИЦ «Курчатовский институт» в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <http://www.nrcki.ru> с момента подписания настоящего согласия.

Также сообщаю, что я не являюсь членом экспертного совета ВАК Минобрнауки России, не имею общих научных трудов по теме диссертации с соискателем ученой степени и/или его научным руководителем/консультантом, не являюсь работником (в том числе работающим по совместительству) организаций, где выполнялась диссертация или работает соискатель ученой степени, его научный руководитель или научный консультант, а также где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем).

26.12.2021 

Дата, подпись

**СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ
по диссертации**

Лукашова Михаила Сергеевича

на тему: «Непертурбативная кварк-глюонная термодинамика при конечной температуре»

Специальность: 1.3.3. Теоретическая физика

ФИО	Захаров Бронислав Глебович
Ученая степень	доктор физико-математических наук
Ученое звание, академическое звание	
Специальность, по которой защищена диссертация	01.04.02 - "Теоретическая физика"
Полное наименование организации	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук
Сокращенное наименование	ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования РФ
Должность	Ведущий научный сотрудник
Структурное подразделение	Сектор физики высоких энергий
Почтовый адрес организации	РФ 142432, Московская Область, гор. Черноголовка, просп. Ак. Семенова, д. 1А
Телефон	+7 (495) 702-93-17
Адрес электронной почты	bgz@itp.ac.ru

Список публикаций оппонента по теме диссертации соискателя в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15):

1. B.G. Zakharov. «Jet quenching for hadron-tagged jets in pA collisions». JETP, 120(3), 157-163 (2024).
2. B.G. Zakharov. «Effect of color randomization on p_T broadening of fast partons in turbulent quark-gluon plasma». ЖЭТФ, 166(2), 216-231 (2024).
3. B.G. Zakharov. «Jet quenching for heavy flavors in AA and pp collisions». JETP, 136(5), 572-584 (2023).
4. B.G. Zakharov. «Jet quenching in mini-quark-gluon plasma: Medium modification factor I_{pA} for photon-tagged jets». JETP Letters, 118(1), 1-7 (2023)
5. B.G. Zakharov. «Influence of collective nuclear vibrations on initial state eccentricities in Pb + Pb collisions». JETP, 134(6), 669-681 (2022).
6. B.G. Zakharov. «Radiative p_T -broadening of fast partons in an expanding quark-gluon plasma». Eur. Phys. J. C 81, art. 57 (2021).
7. B.G. Zakharov. «Jet quenching from heavy to light ion collisions». J. High Energy Phys., 2021(09), 087 (2021)

8. B.G. Zakharov. «Collective nuclear vibrations and initial state shape fluctuations in central Pb + Pb collisions: resolving the ν_2 to ν_3 puzzle». JETP Letters, 112(7), 393-398 (2020).

Подпись



26.12.2024