

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Николаева Александра Александровича "Исследование решеточной квантовой теории поля с калибровочной группой $SU(2)$ при ненулевой барионной плотности", представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 "Теоретическая физика".

Диссертационная работа Николаева Александра Александровича посвящена моделированию поведения неабелевой $SU(2)$ -калибровочной теории при конечной барионной плотности. Выбранная тема исследования является достаточно актуальной. В ближайшем будущем планируется запуск таких экспериментов, как NICA (г. Дубна, Россия), FAIR (г. Дармштадт, Германия) и J-PARC (г. Токаи, Япония), с целью исследования состояния адронной материи при низких энергиях и больших плотностях, и можно ожидать, что при таких внешних условиях поведение адронной материи будет существенно непертурбативным. Однако, теоретическое описание КХД в такой области параметров из первых принципов в настоящий момент отсутствует, поэтому в диссертационном исследовании была выбрана более простая теория, калибровочная теория с группой $SU(2)$ и двумя ароматами динамических кварков, для которой возможно непосредственное решеточное моделирование при ненулевом барионном химическом потенциале.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем диссертации составляет 80 страниц, включая 20 рисунков и 1 таблицу. Список литературы включает 97 наименований.

Во Введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения.

В первой главе делается краткий обзор формулировки КТП в рамках решеточной регуляризации, рассматриваются технические особенности введения фермионов и барионного химического потенциала в решеточную теорию.

Во второй главе приводится краткий обзор современных теоретических методов исследования фазовой диаграммы КХД, сходства калибровочных $SU(N_c)$ -теорий, а также результатов, полученных ранее в рамках киральной теории возмущений для двухцветного КХД.

В третьей главе рассматривается формулировка двухцветного КХД на решетке и введение дикваркового конденсата.

В четвертой главе приводятся результаты, полученные в рамках численного моделирования двухцветного КХД на решетке при нулевой и конечной температурах.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертации, выносимые на защиту.

В Приложении рассматривается аналитическое выражение для барионной плотности в решеточной формулировке с невзаимодействующими фермионами Когута-Сасскинда и его непрерывный предел.

В диссертации получен ряд новых результатов: впервые были обнаружены все три предсказанные теоретически фазы адронной материи при нулевой температуре; впервые было исследовано восстановление киральной симметрии для двух ароматов динамических кварков при нулевой температуре и высокой барионной плотности. При не слишком больших значениях барионного химического потенциала поведение системы хорошо согласуется с предсказаниями теории возмущений, что говорит о достоверности полученных результатов. Также следует отметить, что в диссертационном исследовании указаны

артефакты решеточного подхода и области параметров, в которых они возникают, четко определены значения химического потенциала, при которых результаты решеточного моделирования являются физическими. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Диссертация носит теоретический характер. Полученные результаты могут быть востребованы при модельном описании столкновений тяжелых ионов, в динамике нейтронных звезд и в фазовых переходах в ранней Вселенной.

Отметим недостатки работы.

1. Нет подробного обсуждения динамики БЭК и БКШ фаз и не обсуждаются в деталях критерии их обнаружения в решёточных вычислениях. Как результат, возникает не совсем понятная терминология, как например, "сверхтекучая фаза с Бозе-Эйнштейновской конденсацией скалярных дикварков". Хотя обычно БКШ фаза обладает сверхтекучестью.

2. В тексте диссертации говорится в основном о вычислениях при нулевой температуры, однако на многих рисунках температура T присутствует в качестве размерного параметра.

Все отмеченные недостатки не влияют на хорошее качество проведенных исследований. Результаты диссертации являются новыми и достоверными, опубликованы в 2 печатных работах в рецензируемых международных изданиях и прошли апробацию на нескольких международных конференциях и семинарах. Можно заключить, что диссертационное исследование Николаева Александра Александровича на тему "Исследование решеточной квантовой теории поля с калибровочной группой $SU(2)$ при ненулевой барионной плотности" выполнено на высоком научном уровне и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а его автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 "Теоретическая физика".

Официальный оппонент:

д. ф.-м.н., ведущий научный сотрудник

Лаборатории Теоретической Физики

имени Н.Н. Боголюбова ОИЯИ *Коч*

Подпись Кочелева Н.И. заверяю:

Учёный секретарь

Лаборатории Теоретической Физики

имени Н.Н. Боголюбова ОИЯИ



Кочелев Николай Иннокентьевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории Теоретической Физики имени Н.Н. Боголюбова (ЛТФ) Объединенного Института Ядерных Исследований (ОИЯИ)

Адрес: ЛТФ ОИЯИ 141980, Российская Федерация, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, д. 6

тел.: (7-49621) 65732

e-mail: kochelev@theor.jinr.ru