

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Романа Николаевича Жохова "Фазовые переходы под влиянием
внешних условий в низкоразмерных моделях теории поля",
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 - теоретическая физика

Исследование сильного взаимодействия при относительно низких температурах и плотностях, когда описание кварковой материи на основе лагранжиана квантовой хромодинамики становится невозможным в рамках теории возмущений, является одной из важнейших задач теоретической физики. В такой ситуации для аналитического описания фазовой структуры КХД активно используются эффективные модели сильного взаимодействия, являющиеся обобщением моделей Гросса – Неве и Намбу–Йона-Лазинио с четырехфермионным взаимодействием.

Рецензируемая работа Жохова Романа Николаевича посвящена актуальной в настоящее время теме – исследованию фазовой структуры и фазовых переходов в низкоразмерных квантовых теориях поля (модель Гросса-Неве и ее обобщения) при наличии таких внешних условий как ненулевая температура, ненулевой химический потенциал и внешнее магнитное поле.

Диссертация состоит из Введения, четырех основных глав, Заключения и Приложения. Полный объем диссертации составляет 136 страниц. Список литературы включает 143 ссылки.

Во **Введении** рассматриваются основные модели с четырехфермионным взаимодействием, такие как модель Гросса-Неве в $(1+1)$ -мерном и в $(2+1)$ -мерном пространстве-времени, модификации этих моделей, а также модель Намбу--Йона-Лазинио. Обсуждается актуальность исследования данных моделей как в связи с сильными взаимодействиями и фазовым портретом квантовой хромодинамики, так и в связи с возможными приложениями в физике конденсированного состояния вещества. Автор показывает, что низкоразмерная модель Гросса-Неве обладает рядом общих свойств с квантовой хромодинамикой, такими как перенормируемость, динамическое нарушение киральной симметрии, асимптотическая свобода, размерная трансмутация.

Оригинальные результаты диссертации изложены в главах 2-5.

В **Главах 2 и 3** диссертации изучается $(2+1)$ -мерная модифицированная модель Гросса-Неве с двумя четырехфермионными взаимодействиями: обычное фермион-антифермионное, которое приводит к появлению кирального конденсата и нарушению киральной симметрии, и фермион-фермионное, приводящее к возможности появления в системе ненулевого сверхпроводящего конденсата и нарушению $U(1)$ симметрии. Исследование проводится в ведущем порядке $1/N$ разложения. Выяснено, что в системе могут существовать фаза с нарушенной киральной симметрией, сверхпроводящая фаза и симметричная фаза, в которой оба конденсата равны нулю. Показано, что смешанная фаза (фаза, в которой оба конденсата, киральный и сверхпроводящий, отличны от нуля) не появляется.

В **Главе 2** получено выражение для термодинамического потенциала и на его основе исследуется фазовый портрет модели при конечной температуре и ненулевом химическом потенциале. Показано, что увеличение химического потенциала приводит к появлению сверхпроводящего конденсата в системе.

В **Главе 3** исследуется фазовый портрет этой модели с учетом взаимодействия спина фермионов с параллельным в системе внешним магнитным полем. Показано, что увеличение параллельного магнитного поля приводит к появлению парамагнитной сверхпроводящей фазы в системе.

В **Главе 4** диссертации исследуется фазовая структура $(2+1)$ -мерной модели Гросса-Неве под влиянием произвольно направленного внешнего магнитного поля. Впервые вычислен термодинамический потенциал для модели с двумя фундаментальными спиновыми мультиплетами относительно $O(N)$ четырехкомпонентного дираковского спинорного поля с учетом зеемановского взаимодействия спина с внешним магнитным полем. Исследован фазовый портрет системы, рассмотрены все возможные значения константы связи магнитного поля, при которых поведение системы различно, получены выражения для намагниченности, исследовано ее поведение в различных фазах. Показано, что эффект магнитного катализа имеет место только при малых значениях магнитного поля, причем при увеличении магнитного поля, или его наклоне, киральная симметрия восстанавливается. Обнаружен эффект осцилляций намагниченности при малых значениях перпендикулярной компоненты магнитного поля.

В **Главе 5** изучается нарушение киральной симметрии в $(2+1)$ -мерной модели Гросса-Неве с компактификацией одного пространственного измерения в постоянном магнитном поле при конечной температуре и ненулевом химическом потенциале с учетом зеемановского взаимодействия.

Получено компактное выражение для термодинамического потенциала и исследован фазовый портрет модели.

В диссертации приведено много графического материала для анализа фазового портрета исследуемых систем.

В качестве замечания к диссертации можно отметить следующее:

- В некоторых местах диссертации используются разные обозначения для одних и тех же величин. Например, эффективный химический потенциал, соответствующий фермионам с разной проекцией спина, обозначается в главе 3 как $\mu_{1,2}$, а в главе 5 он обозначается как $\mu_{\uparrow\downarrow}$. В главах 4 и 3,5 используются разные обозначения для фактора Ланде: в главах 3 и 5 он обозначается как g , а в главе 4 как g_5 .

Это замечание не умаляет научной ценности полученных автором результатов и не снижает общую высокую оценку диссертации. Совокупность исследований, проведенных и представленных в диссертации, можно квалифицировать как новое законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Полученные результаты обоснованы и достоверны. Они получены с помощью строгих методов квантовой теории поля с использованием адекватных исследуемым явлениям приближений. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Результаты работы своевременно опубликованы в ведущих мировых научных журналах.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что диссертация Р. Н. Жохова "Фазовые переходы под влиянием внешних условий в низкоразмерных моделях теории поля" отвечает всем требованиям "Положения о присуждении научных степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Жохов Роман Николаевич, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 -теоретическая физика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры высшей математики
МГУПИ

84955415709

reminov@mail.ru



20__ г.
Эминов П.А.

подпись Эминова Павла Алексеевича заверяю