

Отзыв официального оппонента

на диссертацию ФРИЗЕН Александры Вадимовны

«Термодинамические свойства материи в эффективных киральных моделях КХД»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук
по специальности 01.04.16 - физика ядра и элементарных частиц.

Работа Фризен А. В. посвящена одной из самых интересных проблем в физике высоких энергий: исследованию свойств горячей и плотной сильно взаимодействующей материи. С этой задачей связано большое количество существующих и планируемых экспериментов по столкновениям тяжелых ионов – уникальному инструменту, позволяющему создавать такое вещество в лабораторных условиях. Главной целью таких исследований является уравнение состояния этой материи и, в частности, ее фазовая диаграмма. К сожалению, первопринципные расчеты таких сложных непертурбативных систем на основе квантовой хромодинамики (КХД) слишком сложны. А расчеты решеточной КХД до настоящего времени не позволяют надежно рассматривать состояния с ненулевым химическим потенциалом. Поэтому развитие эффективных моделей, основанных на принципах КХД и способных описать сильно взаимодействующую материю при конечных температурах и плотностях, представляет несомненный интерес.

Диссертация Фризен А. В. посвящена теоретическому исследованию свойств сильно взаимодействующего вещества в рамках моделей кирального типа. Главное внимание соискателя уделяется исследованию структуры фазовой диаграммы, предсказываемой в модели Намбу-Иона-Лазинио (НИЛ) и моделях, построенных на ее основе.

В первой главе диссертации автор дает обзор современных КХД-мотивированных моделей. После определения лагранжиана модели НИЛ с локальным взаимодействием, выводятся основные уравнения модели: уравнения на массу кварка и массу связанных кварк-антикварковых состояний. Термодинамические свойства кварков в диссертации в основном рассматриваются в приближении среднего поля. Важными моментами этой главы является включение в модель НИЛ конечной температуры и химического потенциала, а также исследование чувствительности к выбору схемы регуляризации термодинамического потенциала. Автор показал, что все рассмотренные схемы регуляризации являются приемлемыми и их применение дает примерно одинаковое поведение масс кварков и мезонов как функций температуры. Однако структура фазовой диаграммы вещества оказывается довольно чувствительной к выбору схемы регуляризации и модельных параметров.

На мой взгляд, гораздо больший научный интерес вызывает вторая глава диссертации. Она посвящена развитию обобщенной модели НИЛ с включением векторного взаимодействия кварков, а также новой степени свободы – поля петли Полякова. Включение такого поля позволяет эффективно учесть кварк-глюонное взаимодействие, а также исследовать как свойства кирального фазового перехода, так и свойства перехода конфайнмент-деконфайнмент. Представляется важными сделанные в данной главе оценки вклада мезонных корреляций в давление системы. На основе сравнения с решеточными расчетами КХД автором получены ограничения на выбор модельных параметров. По моему мнению, результаты этой главы имели бы большую предсказательную силу при использовании модели НИЛ с учетом странных кварков (см. ниже).

В третьей главе диссертации продемонстрировано, что модель с петлей Полякова может быть использована для изучения процессов распада и рассеяния в плотной и горячей среде. Диссертант подробно изучил процессы упругого рассеяния кварка на кварке, кварка на антикварке и кварка на пионе. В рамках той же модели рассматривается распад сигма-мезона на два пиона. Результаты последнего исследования хорошо согласуются с экспериментом и расчетами других авторов.

Диссертация написана хорошим и понятным языком. Результаты диссертации проиллюстрированы рисунками достаточно высокого качества.

Однако, в диссертации имеется ряд недостатков:

- Исследования автора проведены в $SU(2)$ версии модели НИЛ, в которой не рассматриваются явно вклады странных кварков и антикварков. С другой стороны, решеточные расчеты КХД показывают существенное влияние таких кварков на уравнение состояния кварк-глюонной плазмы. Как видно из рис. 31, сечения взаимодействия легких кварков существенно возрастают, если учесть возбуждения $s\bar{s}$ пар.
- На стр. 25 в качестве условия для выбора параметров модели ошибочно указано значение плотности кваркового конденсата $\langle \bar{q}q \rangle$, отвечающее одному сорту кварков. С другой стороны, в уравнении щели на стр. 17 эта плотность просуммирована по числу кварковых ароматов.
- Несмотря на достаточно подробную литературу, в диссертации не упоминаются некоторые работы российских авторов, в которых рассматривались близкие вопросы. В частности, можно отметить работу В. Г. Вакса и А. И. Ларкина (ЖЭТФ, т. 40), в которой независимо была предложена киральная модель, эквивалентная модели НИЛ. Также не цитируются работы И. Н. Мишустина и др. (Phys. Rev. C, v. 59, 62), в которых изучалась чувствительность кирального фазового перехода к векторному взаимодействию кварков.
- Имеются опечатки в уравнениях (119), (121), (123).

Вышеперечисленные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертации Фризен А. В. Новизна, достоверность и актуальность результатов, представленных к защите, подтверждается публикациями в ведущих российских и зарубежных научных журналах, а также их апробацией на семинарах и международных конференциях. Развитые в диссертации методы и полученные результаты могут быть использованы как в теоретических, так и экспериментальных исследованиях свойств сильно взаимодействующей материи.

Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертации. Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Считаю, что автор диссертации, Фризен Александра Вадимовна, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика ядра и элементарных частиц.

Ведущий научный сотрудник НИИ «Курчатовский институт», д. ф.-м. н.

06.08.2015

Подпись Сатарова Л. М. заверяю,
Заместитель директора по научной работе



Сатаров Л. М.

Лобанович Э. Ф.

[Handwritten signature]