

Отзыв официального оппонента

к. ф.-м. н. доцента Доркина С. М. о диссертации Александры Вадимовны Фризен «Термодинамические свойства материи в эффективных киральных моделях КХД», представленной на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 01.04.16 - физика ядра и элементарных частиц.

Развитие ускорительной техники и большое количество данных, накопленных в ходе проведения экспериментов по столкновению тяжелых ионов, требует теоретического обоснования. В сжатой и горячей материи, образующейся в столкновениях тяжелых ионов, взаимодействия происходят на уровне кварковых степеней свободы. Такие взаимодействия с теоретической точки зрения описываются уравнениями квантовой хромодинамики, прямые расчеты в которой при конечных температуре и плотности слишком сложны. Важным моментом является адаптация лагранжиана КХД к решению той или иной задачи. Это приводит к возникновению большого числа эффективных КХД-мотивированных моделей. Но даже среди них, далеко не каждую можно использовать для изучения свойств возбужденной ядерной материи при конечных температуре и плотности. Наиболее распространенным инструментом для описания свойств и эволюции горячей и плотной материи является фазовая диаграмма на плоскости температура – барионная плотность.

Диссертация Фризен А. В. и связана с поиском модели, способной описать свойства возбужденной сильновзаимодействующей материи, в этом и заключается её научная ценность. В диссертации соискателя дается подробное описание структуры фазовой диаграммы в рамках моделей типа Намбу-Иона-Лазинио, и показаны параметры моделей, влияющие на нее. Результаты, полученные в такой модели, могли бы помочь объяснить уже накопленный экспериментальный материал, а также предсказать результаты будущих экспериментов.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и содержит два приложения.

Во введении автор раскрывает актуальность своего исследования и определяет его основные направления. Автором приводятся также литературный обзор и краткое содержание работы.

Первая глава диссертации посвящена модели Намбу-Иона-Лазинио: вводится схема построения эффективных моделей на основе лагранжиана КХД, определяются основные свойства модели. Выводятся уравнения, описывающие спектр масс, константы взаимодействия, объясняются основные принципы регуляризации и параметризации модели. Для определения термодинамических свойств материи в рамках модели НИЛ автором вводится большой термодинамический потенциал в приближении среднего поля. При этом важным моментом в главе является включение в модель конечной температуры и плотности. Диссертант показал, что обе используемые им схемы регуляризации являются приемлемыми в модели НИЛ, и применение любой схемы дает похожее поведение масс кварков и мезонов как функций температуры. Однако применение различных параметров может привести к изменению типа линии фазового перехода: так тип фазового перехода при больших плотностях может измениться, когда применяется параметризация Паули-Вилларса.

Вторая глава посвящена модификации модели Намбу-Иона-Лазинио, позволяющей описать взаимодействие кварков с глюонами и исследовать свойства кирального фазового перехода, и свойства перехода конфайнмент-деконфайнмент.

Эта модель названа моделью Намбу-Иона-Лазинио с петлей Полякова. Диссертантом проведено исследование параметров, влияющих на структуру фазовой диаграммы данной модели. Можно выделить три направления исследования, раскрывающие свойства модели. На первом этапе автором рассматривается влияние на фазовую диаграмму свойств эффективного потенциала, который определяет в данной модели взаимодействие кварков с глюонами. Далее автором вводится векторное взаимодействие в лагранжиан модели и исследуется поведение кварк-адронной материи в зависимости от величины константы векторного взаимодействия. После этого автор предлагает усилить взаимодействие между кварками и глюонами, вводя дополнительную зависимость констант четырехкваркового взаимодействия от параметра порядка конфайнмента (поле петли Полякова). Основные результаты главы автор выделяет следующим образом:

- параметризация эффективного потенциала действительно влияет на структуру фазовой диаграммы: понижается температура фазового перехода при низких плотностях и повышается температура, при которой возможно возникновение критической конечной точки;

- введение векторного взаимодействия приводит к исчезновению фазового перехода первого рода;

- включенная автором зависимость констант сильного взаимодействия от поля петли Полякова приводит к совпадению кирального фазового перехода и фазового перехода к деконфайнменту (их несовпадение до этого объясняется перенормировкой одного из параметров модели);

Приближение среднего поля не позволяет учесть давление, которое возникает вблизи фазовых переходов из-за взаимодействия мезонов. Поэтому диссертант предлагает рассмотреть те члены статистической суммы, которые отбрасываются при использовании приближения среднего поля. Это позволяет вычислить давление, связанное с корреляциями мезонов. Тем не менее, сами корреляции автором вводятся лишь на уровне увеличения ширины резонансов после критической температуры – т.е. лишь в некотором приближении. В результате расчетов, диссертантом показано, что при температурах, близких к критическим, давление мезонов имеет более высокое, по сравнению с давлением кварков значение и может сдвинуть температуру фазового перехода.

Источником информации о состоянии среды, находящейся вблизи фазовых переходов, могут служить происходящие в ней процессы рассеяния. Этому посвящена третья глава диссертации, в которой автор проводит исследование процессов рассеяния кварков и мезонов, происходящих при конечных температурах в рамках модели НИЛ с петлей Полякова. При конечной температуре вблизи фазового перехода можно ожидать сосуществование в среде свободных кварков и мезонов и изучать процессы рассеяния. Автором получены амплитуды упругого рассеяния кварков на кварках, антикварках и пионах. Методика расчета таких амплитуд подробно описана, она весьма интересна, хотя и не бесспорна. Построены полное и дифференциальное сечения этих процессов в зависимости от полной энергии столкновения и температуры окружающей среды.

В заключении к диссертации автор приводит основные результаты и положения, выносимые на защиту.

Новизна и актуальность результатов, представленных к защите подтверждается публикациями в научных журналах и выступлениями на

конференциях. Результаты, представленные на защиту, опубликованы в российских и зарубежных научных журналах, соответствующих списку рецензируемых журналов ВАК. Тем не менее, хотелось бы сделать автору некоторые замечания :

Во-первых, приводя точные формулы, диссертант не всегда поясняет смысл переменных, которые в них фигурируют. Хотя почти всегда он ясен по контексту, тем не менее, следует быть более аккуратным. Более того, в таблицах и на графиках иногда появляются параметры, смысл которых в тексте диссертации не объясняется. Таковы, например, некоторые важные температурные переменные, такие как моттовская температура или critical end point температура, которые близки к критической температуре, но не совпадают с ней (рис. 4,5,11, табл. 2 диссертации).

Во-вторых, некоторая неаккуратность присутствует и в оформлении рисунков. Так на рис. 4 и 5 присутствует кривая, смысл которой не указан в подписи и не обсуждается в тексте, а на рис. 14 и 16 кривые, соответствующие разным химпотенциалам, неразличимы, по-видимому, исходно они различались цветом.

В-третьих, весьма интересный с точки зрения практических приложений результат третьей главы о сечениях кварк-кварковых взаимодействий, как отмечалось выше рассчитан небесспорным методом. С другой стороны, автор отмечает, что подобные расчёты выполнялись и другими исследователями. Поэтому интересно сравнить их. Такое сравнение в диссертации есть, см. рис. 31, из рисунка видно, что различие с некоторыми из них составляет фактор 2. Обсуждение этого несоответствия в тексте диссертации я не нашёл.

Вышеперечисленные недостатки, тем не менее, не влияют на общую актуальность, достоверность и научную значимость диссертационного исследования. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Диссертация представляет собой законченную научно-квалифицированную работу и удовлетворяет требованиям «Положения ВАК о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации, Фризен Александра Вадимовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика ядра и элементарных частиц

С.М. Доркин

/С.М. Доркин/



И.В. Анаткина