ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Калагова Георгия Алибековича «Непертурбативное ренормгрупповое исследование скейлингового поведения», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02-Теоретическая физика

Диссертационная работа Г.А.Калагова посвящена изучению критического поведения и фазовых переходов в некоторых равновесных и неравновесных моделях статистической физики в рамках непертурбативных теоретико-полевых методов: инстантонного анализа и непертурбативной ренормализационной группы.

Критическое поведение многих физических систем принадлежит классу универсальности моделей φ^n, n=3, 4, с полями различной геометрии и типами симметрии. Инфракрасное (ИК) поведение подобных моделей считается хорошо исследованным. Однако в случаях, когда для описания системы необходимо использовать более сложные типы параметров порядка, ситуация оказывается менее удовлетворительной и зачастую требуется построение новых или обобщение и модификация уже существующих моделей. Ещё более сложной оказывается ситуация в стохастических моделях, описывающих поведение открытых неравновесных систем.

Успеха в исследовании критических режимов изучаемых систем удалось добиться за счёт использования мощного и хорошо разработанного математического аппарата квантово-полевой ренормализационной группы (РГ). РГ позволяет получать для соответствующих моделей ИК асиптотику функций Грина или, на языке теории критического поведения, корреляционных функций. Реализация методов РГ в большей степени основана на теории возмущений по константам связи модели, критические показатели при этом вычисляются в виде регулярного разложения по формально малым параметрам. Хорошо известно, что ряды квантово-полевых разложений являются расходящимися, а параметр разложения в физически интересных случаях вовсе не мал. Тем не менее, из подобных асимптотических рядов можно извлечь количественные результаты, для чего, однако, необходимо привлекать технику борелевского суммирования и инстантонный подход. Альтернативным подходом является метод непертурбативной РГ, основанный на решении точного РГ уравнения и не предполагающий существование в модели малых параметров. Применение и развитие непертурбативных методов в контексте теории критических явлений и обуславливает научную новизну и актуальность темы диссертации и представленных в ней исследований.

В частности, в диссертации с помощью инстантонного анализа изучаются две модели равновесного критического поведения: скалярная модель φ^3 и матричная модель типа φ^4 комплексного антисимметричного поля. Эти модели имеют отношение к критическому поведению в магнетиках (проблема Янга-Ли) и системах нерелятивистских ферми-частиц с высшим спином. В рамках непертурбативной РГ изучается влияние турбулентного движения среды на динамическое критическое поведение, описываемое так называемой моделью А. Поле скорости моделировалось с помощью популярного ансамбля Крейчнана, который в своё время привлёк большой интерес в связи с проблемой аномального

скейлинга в турбулентности. Установление возможных скейлинговых режимов и вычисление универсальных характеристик – критических показателей – в перечисленных моделях является целью настоящей работы.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и двух приложений. По теме диссертации опубликовано 4 работы в научных изданиях, рекомендованных ВАК и индексируемых базами данных Scopus и Web of Science. Излагаемые в диссертации результаты многократно представлялись на международных конференциях.

Во введении обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, приводится обзор научной литературы по изучаемой проблеме, ставятся цель и задачи работы, сформулированы научная новизна и практическая значимость представляемой работы.

В первой главе исследуется скалярная модель φ^3 методом инстантонного анализа. В схеме минимальных вычитаний и размерной регуляризации найдена асимптотика высоких порядков разложений констант ренормировки и РГ функций. Установлена асимптотическая формула для коэффициентов ε-разложения критического индекса Фишера. Проведено сравнение точно вычисленных коэффициентов ε-разложения и их же значениями, вычисленными по асимптотической формуле. Установлено, что известные на сегодня 4-петлевые коэффициенты ещё не выходят на соответствующую асимптотику. Проведено пересуммирование ε-разложения для индекса Фищера различными модификациями метода Бореля.

Вторая глава посвящена исследованию фазовых переходов в системе фермионов с высшим спином $s>1/2$. Для модели комплексного антисимметричного матричного поля ранга $N=2s+1$ определено семейство инстантонов. Найдена асимптотика высоких порядков бета-функций в рамках ε-разложения. Проведено пересуммирование уравнений РГ уравнений на основе 5-петелвых разложений. Показано, что при $N>4$ в системе отсутствуют в трёхмерной модели отсутствуют ИК-притягивающие фиксированные точки. Ренормгрупповые траектории, стартуя с различных начальных значений, выходят из области устойчивости системы, что трактуется как указание на существование в системе фазового перехода первого рода. Ренормгрупповой анализ составных операторов, проведённый в однопетлевом приближении, показывает, что температура обнаруженного фазового перехода превышает значение, получаемое в приближении теории среднего поля Ландау (которая к тому же предсказывает непрерывный фазовый переход при любых значениях N). Произведена оценка температуры фазового перехода.

В третьей главе изучаются скейлинговые режимы в модели А под воздействием ансамбля Крейчнана. С помощью непертурбативной ренормгруппы показано, что рассматриваемая система может демонстрировать четыре скейлинговых режима: тривиальная гауссова точка, чистая модель А, турбулентный перенос пассивного скаляра и нетривиальный режим, где критические и турбулентные флуктуации одинаково существенны. Оценены значения критических показателей, которые, однако, оказываются неуниверсальными, а зависят от параметра, задающего сжимаемость системы.

В диссертации присутствует ряд незначительных опечаток (например, на стр. 18 в формуле 1.1 вместо затравочного заряда написан ренормированный, который вводится только в формуле 1.2). На стр. 60 для набора полей в формуле 3.4 используется такое же обозначение, как и для функции Хевисайда.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Достоверность полученных результатов обеспечивается как использованием мощного и хорошо развитого аппарата квантовой теории поля, так и сравнением с результатами, известными ранее для различных частных случаев. Полученные в работе результаты могут послужить стимулом для проведения новых экспериментальных исследований критического поведения (как равновесных, так и неравновесных систем под влиянием турбулентности) и фазовых переходов, в частности высокотемпературной сверхпроводимости. Диссертационная работа также способствует развитию непертурбативных методов применительно к анализу соответствующих полевых моделей.

Все вышесказанное позволяет заключить, что диссертационная работа «Непертурбативное ренормгрупповое исследование скейлингового поведения» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.02 – теоретическая физика, а её автор, Калагов Георгий Алибекович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент

Гладышев Алексей Валерьевич
кандидат физико-математических наук
шифр специальности оппонента – 01.04.02 «Теоретическая физика»
начальник сектора Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова
Объединённого института ядерных исследований

141980, Дубна, Московская обл., ЛТФ ОИЯИ

Рабочий телефон: 8 (49621) 64980

E-mail: gladysh@theor.jinr.ru

23 мая 2018 года

Подпись Гладышева А.В. удостоверяю

Ученый секретарь ЛТФ ОИЯИ А.В.Андреев

23 мая 2018 года