

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Кудлиса Андрея на тему: «Многочисленные физические системы самой разнообразной природы демонстрируют интересное сингулярное поведение в окрестности их критических точек (точек фазовых переходов II рода). Термодинамические и корреляционные функции обнаруживают там степенное поведение, а соответствующие показатели (критические индексы) универсальны в том смысле, что зависят лишь от глобальных характеристик системы, таких как размерность пространства, размерность параметра порядка, симметрия. Одной из важнейших задач теории является обоснование такого поведения и вычисление критических индексов в рамках какой-либо последовательной теории возмущений. Наиболее эффективным здесь оказался метод ренормализационной группы, в котором возможные типы критического поведения (классы универсальности) ассоциированы с инфракрасно-устойчивыми неподвижными точками некоторых мультипликативно-ренормируемых теоретико-полевых моделей. Типичные фазовые переходы описываются классом универсальности $O(n)$ -симметричной Φ^4 -модели. Однако, большой интерес представляют и другие классы универсальности, например, модели с гиперкубической симметрией.

Многочисленные физические системы самой разнообразной природы демонстрируют интересное сингулярное поведение в окрестности их критических точек (точек фазовых переходов II рода). Термодинамические и корреляционные функции обнаруживают там степенное поведение, а соответствующие показатели (критические индексы) универсальны в том смысле, что зависят лишь от глобальных характеристик системы, таких как размерность пространства, размерность параметра порядка, симметрия. Одной из важнейших задач теории является обоснование такого поведения и вычисление критических индексов в рамках какой-либо последовательной теории возмущений. Наиболее эффективным здесь оказался метод ренормализационной группы, в котором возможные типы критического поведения (классы универсальности) ассоциированы с инфракрасно-устойчивыми неподвижными точками некоторых мультипликативно-ренормируемых теоретико-полевых моделей. Типичные фазовые переходы описываются классом универсальности $O(n)$ -симметричной Φ^4 -модели. Однако, большой интерес представляют и другие классы универсальности, например, модели с гиперкубической симметрией.

В ренормгрупповом подходе критические индексы вычисляются обычно в виде эpsilon-разложений, то есть разложений по отклонению размерности пространства d от его верхнего критического значения (в моделях, рассматриваемых в данной диссертации, оно всегда равно $d=4$). Для реальных значений $d=2$ или 3 этот параметр не мал, а сами ряды являются расходящимися (асимптотическими). Поэтому для получения надежных численных предсказаний для критических индексов необходимо, во-первых, найти как можно больше членов эpsilon-разложения и, во-вторых, выполнить какую-либо процедуру суммирования (наиболее эффективными тут являются различные реализации суммирования по Борелю). Другими возможными подходами являются вычисление ренормгрупповых функций (бета-функций, аномальных размерностей, универсальных скейлинговых функций) непосредственно в реальной размерности 2 или 3 , либо т.н. псевдо-эpsilon разложение. Достоинством последнего подхода является то, что он иногда позволяет получить хорошие результаты без дополнительных пересуммирований.

Диссертация Кудлиса Андрея посвящена систематическому исследованию ряда моделей критического поведения с помощью всех перечисленных выше подходов. Подробно исследуются: n -векторная модель с гиперкубической симметрией, слабо-неупорядоченная (примесная) модель Изинга, $O(n) \times O(m)$ -симметричная модель с четверным взаимодействием. Вычисляются критические показатели («индексы»), граничные значения размерности параметров порядка (определяющие характер устойчивости неподвижных точек уравнений ренормгруппы), а также универсальные амплитуды в уравнениях состояния. Во всех случаях автор использовал наиболее современные результаты расчетов многопетлевых диаграмм (до шести петель) в различных схемах ренормгруппы. Эти результаты получены лишь недавно, что делает тему диссертации особенно актуальной.

Нет необходимости подробно излагать содержание работы и результаты по главам, так как это прекрасно сделано в самой диссертации. Поэтому остановлюсь на двух наиболее интересных, по моему мнению, моментах.

Как известно, в модели с гиперкубической симметрией возможны два типа критического поведения, управляемые двумя нетривиальными неподвижными точками уравнений ренормгруппы – гейзенберговской (изотропной, то есть $O(n)$ -симметричной) и анизотропной (с гиперкубической симметрией). Какой именно тип реализуется, зависит от размерности параметра порядка n . Поэтому интересной и важной задачей является определение критического значения $n=n_c$, при котором изменяется характер устойчивости неподвижных точек и, как результат, происходит смена критического режима. Эта задача весьма нетривиальна, в частности, из-за близости n_c к одному из наиболее интересных физических значений $n=3$, и была предметом многочисленных работ, с довольно большим разбросом результатов. В данной диссертации вопрос исследован всесторонним образом, с использованием различных вариантов ренормгрупповых разложений и с помощью различных подходов – как прямого анализа устойчивости неподвижных точек, так и вычисления различных анизотропных восприимчивостей. Получено уточнённое значение n_c и убедительно доказано, что оно меньше трёх. Таким образом, при $n=2$ реализуется изотропный, а при $n=3$ -- анизотропный тип критического поведения. Показано, что анизотропия в этом случае может быть обнаружена в эксперименте, что должно стимулировать дальнейшие экспериментальные исследования реальных систем с кубической симметрией.

Особый интерес представляет сравнение результатов шестипетлевого приближения в ϵ -разложении для модели Изинга и недавних результатов, полученных на основе конформной инвариантности, в нецелых размерностях пространства $2 < d < 4$. Это связано с открытыми принципиальными проблемами – возможностью экстраполяции ϵ -разложений к размерности $d=2$, а в более общем плане – эквивалентностью непрерывной двумерной модели Φ^4 и точно-решаемой модели Изинга на решетке. Полученные в диссертации результаты указывают на наличие систематических отклонений между двумя подходами, что косвенно подтверждает гипотезу о перестроении конформных состояний при некотором близком к 2 значении размерности d и ставит под сомнение эквивалентность критического поведения двух моделей. Это должно стимулировать дальнейшие теоретические исследования столь принципиального вопроса.

Текст диссертации написан четко и ясно. Все вычисления подробно изложены и пояснены на многих примерах. Как общее введение, так и введения к конкретным главам, содержат исторический обзор предшествующих исследований с подробной библиографией. Все это, помимо прочего, делает диссертацию ценным методическим пособием.

Диссертация является законченным оригинальным научным исследованием, а ее результаты и развитые в ней методы, несомненно, найдут применение в дальнейших исследованиях в теории критического поведения. Эти результаты полно и своевременно опубликованы в ведущих российских и зарубежных журналах. Существенных замечаний к тексту диссертации у меня нет.

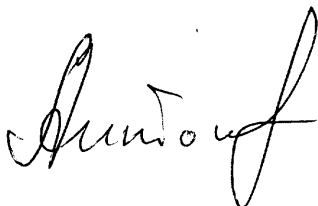
Диссертация Кудлиса Андрея на тему: «Многочетлевой ренормгрупповой анализ критического поведения моделей с различными симметриями» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Кудлис Андрей заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — Теоретическая физика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета

доктор физико-математических наук,

старший научный сотрудник,

профессор СПбГУ

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Antonov', written in a cursive style.

Н.В. Антонов

11 сентября 2020г.