

## ОТЗЫВ

официального оппонента Прудникова Павла Владимировича  
на диссертационную работу Капустина Александра Сергеевича  
«Влияние турбулентного перемешивания на критическое поведение  
при наличии сжимаемости»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических  
наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Теория критического поведения является одной из интереснейших областей теории конденсированного состояния и теоретической физики в целом. Сильно растущие с приближением к критической области флуктуации параметра порядка (например, локальной намагниченности для ферромагнетиков) делают невозможным применение обычной теории возмущений по константе связи. Математический аппарат ренормализационной группы, заимствованный из квантовой теории поля, позволяет выполнить некоторое бесконечное пересуммирование ряда теории возмущений и получить замкнутые выражения, асимптотика которых в критической области уже может быть найдена. Добавим, что именно применение к задачам критического поведения вызвало новый интерес к методу ренормгруппы в самой квантовой теории. В частности, плодотворной оказалась идея переменной размерности пространства, заимствованная теорией поля в размерной регуляризации.

Экспериментальное изучение выявило общие черты фазовых переходов в случаях, когда сами физические механизмы, ответственные за переход, существенно различны (магнетики, жидкие кристаллы, сверхтекучие и сверхпроводящие материалы). Это позволило сформулировать гипотезы подобия и универсальности критического состояния, которое описывается степенными законами с небольшим числом критических размерностей, зависящих только от самых общих характеристик системы (таких, как размерность и симметрия). Системы с одинаковым поведением относятся к одному классу универсальности, а в ренормгрупповом подходе им соответствует инфракрасно-устойчивая

неподвижная точка некоторой теоретико-полевой модели. Обычно это – модель с взаимодействием “ $\phi$  в четвёртой” и ее модификации.

Однако в реальном эксперименте это “идеальное” поведение труднодостижимо и необходимо учитывать разнообразные возмущения, связанные с конечными размерами системы, земной гравитацией, случайно распределенными примесями и другими факторами. Они могут не только определять поправки к идеальному поведению, важные для аккуратного сравнения эксперимента и теории, но и приводить к возникновению новых классов универсальности. Это еще более важно для неравновесных систем, критическое поведение которых более разнообразно и потому в меньшей степени исследовано, а условия идеального перехода труднее достижимы.

Диссертация А.С. Капустина посвящена исследованию стохастических моделей критического поведения с помощью метода квантово-полевой ренормгруппы. Изучается влияние турбулентного движения среды на динамическое критическое поведение трех “репрезентативных” систем, описываемых стохастическими уравнениями со случайными источниками: равновесная релаксационная критическая динамика (модель А), её обобщение на случай модели Поттса и неравновесная реакционно-диффузионная система (процесс Грибова, также связанный с процессами перколяции). Поле скоростей моделировалось с помощью популярного ансамбля Казанцева-Крейчнана, который в свое время привлек большое внимание в связи с проблемой аномального скейлинга в турбулентности. Также привлекались гауссова модель с конечным ненулевым временем корреляции и стохастическое уравнение Навье-Стокса.

Все задачи были переформулированы как модели теории поля. Была продемонстрирована их мультипликативная ренормируемость и показано, что соответствующие уравнения ренормгруппы имеют несколько неподвижных точек. Некоторые из них отвечают новым типам критического поведения. Показано, что во всех рассмотренных случаях учет турбулентного переноса может приводить, при должном выборе параметров модели, к возникновению

новых, существенно неравновесных, классов универсальности с новыми наборами критических размерностей основных величин, которые были явно найдены в главном порядке соответствующего эпсилон-разложения.

Специальное внимание уделялось зависимости критических индексов и областей устойчивости неподвижных точек от параметра, характеризующего сжимаемость жидкости. Особо хотелось бы отметить исчерпывающее исследование весьма сложной картины областей устойчивости и их зависимости от сжимаемости для модели Поттса.

Таким образом, в диссертации решены актуальные и важные научные задачи. Диссертация является законченным оригинальным исследованием, выполненным на высоком научном уровне. Все основные результаты диссертации являются новыми; это подтверждается публикацией в рецензируемых отечественных и международных научных журналах.

В качестве замечаний к работе можно отметить следующее:

1. В работе мало обсуждается возможное сравнение с экспериментом. Для такого сравнения следовало бы конкретнее связать параметры рассмотренных моделей с характеристиками систем, непосредственно измеряемыми экспериментально. Желательно было бы дополнить аналитическое рассмотрение численным моделированием.

2. Все результаты выполнены в однопетлевом приближении. Интересно было бы обсудить возможное влияние высших порядков т.к. хорошо известно, что для многозарядовых моделей результаты, полученные в более высоком порядке приближения, могут существенно менять картину устойчивого критического поведения.

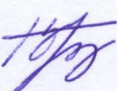
Диссертация не лишена некоторых недостатков оформительского характера. Присутствуют опечатки, неправильные ссылки, например на стр. 6, 11, 39. Литературные источники приводятся не в порядке цитирования.

Высказанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, а являются скорее пожеланиями на будущее.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием надежного и хорошо разработанного математического аппарата квантовой теории поля, а также сравнением с результатами, известными ранее для простых частных случаев.

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой. На защиту выносятся ряд новых важных результатов, представляющих интерес для теоретической физики. Материал диссертации в полной мере отражен в опубликованных работах, а автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа «Влияние турбулентного перемешивания на критическое поведение при наличии сжимаемости» отвечает требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Капустин Александр Сергеевич, безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

доктор физико-математических наук, профессор,  
профессор кафедры теоретической физики  
ФГБОУ ВПО «Омский государственный  
университет им. Ф.М. Достоевского»

 Прудников Павел Владимирович

Адрес служебный: 644077, Российская Федерация, г. Омск, пр-т Мира, д.55А,  
ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»,  
тел. 8 3812 630 445, факс: 8 3812 642 700,  
e-mail: PrudnikovPV@omsu.ru.

Подпись д.ф.-м.н., проф. кафедры теор. физики Омского государственного  
университета им. Ф.М. Достоевского Прудникова П.В. удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета  
Омского государственного университета  
им. Ф.М. Достоевского





Ковалевская Л.И.

Дата

02.12.14