

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

**Традиционная Международная конференция
по фазовым переходам и связанным с ними
критическим и нелинейным явлениям**

(6–9 сентября 2000 г., г. Махачкала, Дагестан, РФ)

И.К. Камилов, А.К. Муртазаев

Дан краткий обзор ряда научных результатов, представленных на Международной конференции "Фазовые переходы и нелинейные явления в конденсированных средах", проходившей 6–9 сентября 2000 г. в Махачкале на базе Института физики Дагестанского научного центра РАН и посвященной памяти академика Б.Б. Кадомцева, в рамках которой проводился IV Международный семинар "Физика магнитных фазовых переходов", приуроченный к 90-летию академика С.В. Вонсовского.

PACS numbers: 01.10.Fv, 05.70.Fh, 05.70.Jk, **64.60.**–i

Уже стало традицией проводить ранее Всесоюзные, а теперь и Международные, конференции по фазовым переходам и связанным с ними критическим и нелинейным явлениям в Махачкале. Последняя подобная Международная конференция проводилась в 1998 г.

6–9 сентября 2000 г. в Махачкале на базе Института физики Дагестанского научного центра РАН проходила Международная конференция "Фазовые переходы и нелинейные явления в конденсированных средах", посвященная памяти академика Бориса Борисовича Кадомцева. В ее рамках проводился и IV Международный семинар "Физика магнитных фазовых переходов", посвященный 90-летию академика Сергея Васильевича Вонсовского.

Конференция и семинар были организованы Отделением общей физики и астрономии РАН, научной секцией РАН по проблеме "Магнетизм" совместно с Институтом физики ДНЦ РАН.

Эти научные мероприятия проводились при поддержке Российской академии наук, Министерства промышленности, науки и технологий Российской Федерации и Российского фонда фундаментальных исследований.

На конференцию и семинар было представлено 178 докладов, из которых были приняты в качестве пленарных — 12, устных — 59 и стендовых — 107 докладов из 20 городов России и 10 стран ближнего и дальнего зарубежья. Непосредственно в работе конференции приняли участие более 150 человек. Тематика конференции охватывала практически все разделы физики конденсированного

состояния, так или иначе связанные с фазовыми переходами, критическими и нелинейными явлениями. На конференции функционировали секции "Магнитные фазовые переходы", "Магнитные критические явления", "Фазовые переходы и критические явления в конденсированных средах", "Критические явления в жидкостях", "Фазовые переходы, нелинейные явления и хаос в конденсированных средах", "Компьютерное моделирование фазовых переходов и критических явлений". В рамках семинара активно работала секция "Магнитные критические явления", посвященная памяти известного дагестанского физика профессора Х.К. Алиева.

Цель конференции состояла в том, чтобы участники конференции ознакомились с новейшими идеями, современным состоянием и последними достижениями в исследовании фазовых переходов, нелинейных и критических явлений во всех областях физики конденсированного состояния.

На открытии конференции с воспоминаниями об академике Б.Б. Кадомцеве выступил директор Института физики Дагестанского научного центра РАН, член-корреспондент РАН И.К. Камилов. В его выступлении было отмечено, что Б.Б. Кадомцев — крупнейший физик и выдающаяся личность, — внесший огромный вклад в современную теоретическую физику и, прежде всего, в физику плазмы и управляемого термоядерного синтеза. Значительную часть своих научных трудов Б.Б. Кадомцев посвятил исследованию физических свойств плазмы в тороидальных системах — токамаках. Неустойчивости плазмы в магнитном поле приводили к значительным трудностям на пути создания управляемого термоядерного реактора. Согласно теории, созданной Б.Б. Кадомцевым совместно с А.В. Недоспасовым, неустойчивость слабоионизированной плазмы в магнитном поле обусловлена развитием винтовой неустойчивости. Значительный

И.К. Камилов, А.К. Муртазаев. Институт физики ДНЦ РАН
367003 Махачкала, ул. М. Ярагского 94, Российская Федерация
Тел. (8-8722) 62-89-60
E-mail: kamilov@datacom.ru

Статья поступила 23 января 2001 г.

прогресс в физике твердого тела был достигнут после признания факта существования в полупроводниках электронно-дырочной плазмы, аналогичной газовой.

Одно из центральных мест на конференции занимали проблемы, к которым Б.Б. Кадомцев имел непосредственное отношение.

В Институте физики ДНЦ РАН создана специальная лаборатория, которая занимается изучением нелинейных явлений и хаоса в полупроводниковых системах. В докладе К.М. Алиева (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) были представлены полученные в этой лаборатории экспериментальные результаты по комплексному исследованию нелинейной динамики, связанной с развитием неустойчивости Кадомцева–Недоспасова (винтовая неустойчивость) в электронно-дырочной плазме германия в продольных электрических и магнитных полях при высоких параметрах надкритичности в температурном интервале 77–300 К. Продемонстрирована аналогия обнаруженных эффектов с неравновесными фазовыми переходами первого и второго рода. Исследованы различные сценарии переходов порядок–беспорядок–порядок при развитии неустойчивости Кадомцева–Недоспасова в полупроводниковой плазме германия. Изучено также влияние внешнего периодического сигнала на поведение системы в точках бифуркации. Исследованы процессы синхронизации, усиления и устойчивости в системе, к которым приложено внешнее воздействие.

О коллективном поведении нелинейных объектов — автосолитонов в диссипативной структуре в p-InSb говорилось в докладе А.А. Степуренко (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала). Автором доклада получены результаты, согласно которым поведение термодиффузионных автосолитонов в электрическом и магнитном полях нужно рассматривать как поведение коллектива взаимодействующих автосолитонов, а не как отдельных объектов. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что система, состоящая из коллектива взаимодействующих автосолитонов, обладает свойством самоорганизации, и, по-видимому, исследования в этом направлении приведут к интересным и неожиданным результатам.

Особый интерес на конференции и семинаре привлекла мемориальная лекция члена-корреспондента РАН Ю.А. Изюмова: "Академик С.В. Вонсовский и его вклад в развитие науки о магнетизме". Ю.А. Изюмов привел основные факты биографии С.В. Вонсовского, рассказал о его научной, организационной, общественной, педагогической и издательской деятельности. Очень часто значение тех или иных научных разработок становится очевидным не сразу после их появления, а с течением времени. Именно такой является полярная модель металла, разработанная С.В. Вонсовским совместно с С.П. Шубиным. Эта модель — предшественница модели Хаббарда в теории сильно коррелированных электронных систем. Важную роль в современной теории переходных и редкоземельных металлов и сплавов играет и sd-обменная модель. В лекции было отмечено, что в теории магнетизма практически нет раздела, где бы академик С.В. Вонсовский не оставил яркий след. Особый интерес к выступлению Ю.А. Изюмова был обусловлен еще и тем, что он является учеником и соратником С.В. Вонсовского. Лекция Ю.А. Изюмова была встречена аплодисментами аудитории.

В последнее время на этих, ставших традиционными, конференциях значительное внимание уделяется исследованию фазовых переходов (ФП), критических и нелиней-

ных явлений методами вычислительной физики. Обзор современного состояния и ряд результатов по исследованию ФП и критических явлений (КЯ) в конкретных спиновых решеточных моделях был представлен в докладе А.К. Муртазаева (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала). Отмечалось, что современный этап исследования ФП и КЯ характеризуется изучением более сложных и реалистичных моделей с кроссоверами. При изучении таких моделей существующие аналитические методы исследования, основанные на теории ренормализационной группы (РГ) и ε -разложения, сталкиваются с труднопреодолимыми проблемами. Кроме того, теория РГ не является чисто микроскопической и в ее рамках описание кроссоверных явлений — одна из важнейших и до сих пор нерешенных задач. Чисто микроскопический подход к изучению критических явлений в сложных системах удается реализовать только методами вычислительной физики. В докладе был представлен анализ результатов исследования ФП и КЯ как в хорошо известных моделях (модель Изинга, Гейзенберга), так и в сложных моделях реальных магнетиков методами Монте-Карло (МК). Этот метод в сочетании с теорией конечно-размерного скейлинга и кластерными алгоритмами превратился в мощный, гибкий и эффективный инструмент исследования ФП и статистических КЯ. В последние годы методы Монте-Карло используют и для исследования динамических критических явлений. К настоящему моменту времени тщательно изучена критическая динамика модели Изинга и Гейзенберга. Хотя полученные методом МК оценки значений динамического критического индекса z имеют разумные значения, в целом, картину, складывающуюся в этой области, нельзя считать ясной и однозначной (возможно, исключение составляет модель Изинга). Особо было отмечено, что используемая в методе МК стохастическая динамика дает правильное описание конечного равновесного состояния системы, но все еще нет прямых доказательств, что искусственная МК динамика правильно описывает процесс релаксации системы. Кроме того, специальные алгоритмы, созданные для изучения критической области, сильно меняют скорость релаксации, что приводит к зависимости времени релаксации от используемого алгоритма. Следовательно, острой остается проблема верификации результатов МК исследования критической динамики. Эта проблема является актуальной как для теории ФП и КЯ, так и для вычислительной физики.

Интересная проблема была затронута в докладе А.И. Соколова (СПбГЭУ "ЛЭТИ", Санкт-Петербург). Критическое поведение трехмерных решеточных моделей типа моделей Изинга и Гейзенберга на сегодня тщательно изучено. Критические индексы и другие универсальные параметры этих моделей на основе теоретико-полевого варианта метода РГ рассчитаны с рекордно высокой точностью и надежностью. В то же время значительно меньше известно о том, насколько эффективна стандартная техника теоретико-полевого варианта РГ в двухмерном случае. Дело в том, что четырехпетлевые разложения для двухмерной модели Изинга, полученные методом Паде–Бореля, дали значения критических индексов существенно отличающиеся от точных. Применение для пересуммирования камфорных преобразований улучшило точность РГ оценок, но согласие между этими оценками и точными значениями индексов не было достигнуто. Восстановит ли согласие между РГ оценками и онзагеров-

скими результатами учет следующих членов в разложениях РГ функций? Авторы доклада провели интересные исследования в поисках ответа на этот вопрос. Предварительные результаты этих исследований можно сформулировать так: учет пятипетлевых членов разложения несколько улучшает согласие с точными результатами, но разница между ними и РГ оценками остается все же большей, чем соответствующие "вилки" погрешностей. Как отмечалось авторами, особенно неблагоприятно обстоит дело с малыми индексами α и η , для которых эти расхождения оказываются особенно большими. При обсуждении результатов было отмечено, что для теории фазовых переходов и критических явлений большое значение имеет прояснение этой ситуации и получение однозначных ответов на все возникающие здесь вопросы.

Реальные магнитные материалы обладают целым рядом свойств, которые, как правило, в модельных системах не учитываются. Тем не менее эти свойства играют важную роль в процессах, происходящих в окрестности точки фазового перехода. Одним из таких свойств является сжимаемость решетки. Особенности трикритического поведения неупорядоченной трехмерной сжимаемой системы Изинга в двухпетлевом приближении с применением техники суммирования Паде–Бореля были представлены в докладе С.В. Белима (Омский госуниверситет, Омск). Данные автора доклада показали, что эффекты неоднородных деформаций приводят к устойчивой примесной фиксированной трикритической точке. Проведенный расчет для трикритических точек неупорядоченной системы дает $\nu = 0,562599$, $\alpha = 0,312203$, $\gamma = 1,104517$, $\eta = 0,036750$. Очевидно, что они отличаются от их аналогов для однородной системы.

Изучение процессов, связанных с нарушением закона полного сохранения спина в магнетиках, имеет важное значение как для теории динамических критических явлений, так и для объяснения особенностей спектра спиновых волн в антиферромагнитных системах, состоящих из двух и более подсистем. В некоторых антиферромагнетиках спиновые подсистемы не взаимодействуют в обменном приближении из-за симметрии решетки. В качестве примера можно указать соединения R_2CuO_4 ($R = Pr, Nd, Sm, Eu$). В результате, обычно возникает неколлинеарная магнитная структура, которую удастся объяснить, предполагая существование короткодействующего псевдодипольного взаимодействия. Обо всем этом говорилось в докладе С.В. Малеева (ПИЯФ, С-Петербург). В этом же докладе было показано, что щель в одной из ветвей спектра спиновых волн определяется именно этим взаимодействием. Теоретический анализ сильной температурной зависимости этой щели при $T \ll T_N$ показал, что любая анизотропия, нарушающая закон сохранения полного спина, приводит к сильному взаимодействию спиновых волн, и в низшем порядке возникает инфракрасная расходимость. Таким образом, было обращено внимание на необходимость дальнейшего исследования инфракрасных неустойчивостей в антиферромагнетиках, связанных с нарушением закона полного сохранения спина.

В докладе Н.К. Данышина (Донецкий ФТИ НАНУ, Донецк) был сделан обзор экспериментальных результатов по исследованию высокочастотных и акустических свойств антиферромагнетиков со слабым ферромагнетизмом (редкоземельных ортоферритов $RFeO_3$, где $R = Er, Tm, Y, Yb, Dy, Ho, Sm, Nd$) и предложена теория, наиболее полно учитывающая механизм формирования динамики

данных магнетиков. Показано, что динамические свойства этих магнетиков обусловлены прецессионными и продольными движениями намагниченности, продольной восприимчивостью, а также взаимодействием упорядоченной магнитной подсистемы с дипольными подсистемами. При этом особое внимание было уделено результатам исследования магнетиков в области ориентационных фазовых переходов. В докладе были изложены и основные положения теории, учитывающей все упомянутые взаимодействия. Эта теория на сегодняшний день позволяет качественно, а в некоторых случаях и количественно, объяснить все экспериментально наблюдаемые закономерности поведения щели в спектрах квазиспиновых ветвей как вблизи спонтанных, так и в области индуцированных магнитным полем ориентационных фазовых переходов.

Сплавы с памятью формы и ФП, происходящие в них, всегда вызывают интерес у исследователей. Результаты по исследованию ФП в магнетиках с памятью формы в сильных магнитных полях были представлены в докладе В.В. Коледова (Институт радиотехники и электроники РАН, Москва). Их исследование весьма актуально в связи с поиском веществ, формы и размеры которых управляются внешними магнитными полями. Авторы продемонстрировали результаты влияния сильных магнитных полей (до 12 Тл) на структурный фазовый переход и осуществление обратимого структурного ФП по магнитному полю при постоянной температуре и давлении в сплавах Гейслера $Ni_{2+x}Mn_{1-x}Ga$.

В последние годы особый интерес вызывает новый класс магнетиков — манганиты. Естественно, на конференции был целый ряд докладов, в которых обсуждались свойства этих очень интересных объектов. К.И. Кугель (Институт теоретической и прикладной электродинамики, Москва) в своем докладе обратил внимание на значительную роль зарядового упорядочения ионов Mn^{3+} и Mn^{4+} в формировании многих свойств манганитов $R_{1-x}A_xMnO_3$ ($R = La, Pr, Nd$; $A = Ca, Sr$) и $R_{2-x}A_xMnO_4$, $R_{2-2x}A_{1+2x}Mn_2O_7$. В докладе было отмечено, что одновременное сосуществование и конкуренция спинового, зарядового и орбитального упорядочения определяет весьма сложный вид диаграммы в манганитах. То, что важную роль в формировании свойств манганитов играет сильная спин-зарядово-решеточная связь, продемонстрировал на примере манганитов празеодима К.И. Камилов (МГУ, г. Москва), представивший экспериментальные результаты исследования их свойств в зависимости от температуры и сильных импульсных магнитных полей.

Неослабевающее внимание продолжают вызывать частично замещенные манганиты со структурой перовскита. Этот интерес объясняется новыми и необычными физическими свойствами (колоссальное магнитосопротивление, индуцированные магнитным полем структурные и магнитные фазовые переходы, полярное упорядочение и др.), а также наличием множеств трактовок и объяснений этих явлений. В связи с этим с интересом был встречен доклад А.Б. Батдалова (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала), в котором были представлены результаты измерения магнитополовой и температурной зависимости теплоемкости, теплопроводности, электросопротивления манганита $Sm_{0,55}Sr_{0,45}MnO_3$. Было показано, что на температурной зависимости измеренных величин наблюдаются гистерезисы, обусловленные изменением T_C с изменением параметров решетки, происходящем при структурном фазовом переходе.

На конференции было представлено значительное число докладов, в которых обсуждались теоретические и экспериментальные результаты по изучению ФП и КЯ в жидкостях. В ряде докладов обсуждались результаты теплофизических исследований жидких систем, проводимых в Институте физики ДНЦ РАН. К свойствам жидкостей, которым уделялось значительное внимание, можно отнести изохорную теплоемкость, PVT -свойства, вязкость, теплопроводность, поверхностное натяжение сложных жидких систем в широком диапазоне изменения параметров состояния, включая и критическую область. Здесь были представлены результаты исследований однокомпонентных, бинарных и тройных расслаивающихся систем.

В докладе Г.Г. Гусейнова (Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала) были затронуты проблемы исследования ФП и КЯ в микропористых средах. Микропористые среды являются удобным объектом исследования влияния конечных размеров систем на ФП и КЯ. Докладчик представил интересные результаты по изучению теплопроводности диоксида углерода в критической области в микропористых стеклах с размерами пор 16 мкм и 160 мкм при различных давлениях. В частности, показано, что происходит уменьшение максимума теплопроводности и его смещение в сторону низких температур по сравнению с чистым диоксидом углерода. Эти особенности объясняются влиянием размерных эффектов. В ходе дискуссии было отмечено, что для количественного анализа роли и степени влияния размерных эффектов на критические свойства нужны обширные исследования в этом направлении, а также необходимы стабильные пористые образцы с размерами от 10 нм до 1 мкм и особо чистые вещества.

Результаты изучения критических явлений в жидкостях свидетельствуют о продолжении интенсивных исследований критических явлений высшего порядка (высшая конечная критическая точка, двойная критическая точка, трикритическая точка) в сложных жидких системах.

В ходе дискуссии отмечалось, что все еще нерешенной остается актуальная проблема определения области, в которой справедливо классическое уравнение, и нахождение кроссоверной области от сингулярного неклассического критического поведения к классическому ван-дер-ваальсовскому в сложных термодинамических системах.

Отдельно следует отметить доклад А.М. Асхабова, в котором он изложил свою концепцию самоорганизации конденсированного состояния вещества. Согласно этой концепции структурообразующую роль могут играть не только отдельные атомы и молекулы или их небольшие группировки, но и достаточно крупные атомные образо-

вания — наноразмерные кластеры. Согласно теории автора — основной строительной единицей при росте кристаллов являются особые кластеры — кватароны (термин автора доклада), которые безактивационно образуются в пресыщенной среде и имеют сферическую форму. Кватароны и фуллерены являются основными формами структурной организации вещества на наноуровне. При этом исходной формой является кватарон, а фуллерен — это неизбежное следствие насыщения химических связей между образующими кватарон атомами. Автор уже несколько лет развивает эту концепцию. В конце доклада он представил интересную таблицу, где выполнено сравнение характерных свойств кватаритов и кристаллического состояния вещества.

Отличительной особенностью этих конференций является традиционно активное участие в ее работе большого количества молодежи. Как всегда значительное число молодых исследователей представляло Институт физики ДНЦ РАН, Дагестанский госуниверситет, Башкирский госуниверситет, Дагестанский госпедуниверситет, Омский госуниверситет, Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН и ряд других организаций. Как отмечали многие участники конференции (например, Ю.А. Изюмов, В.Г. Шавров), дела с притоком перспективной молодежи в науку на периферии обстоят лучше и у них практически нет настроения на выезд за границу для работы. Атмосфера и условия работы конференции были организованы таким образом, что молодежь имела возможность тесного общения с именитыми учеными. Это способствует повышению интереса молодых талантов к науке и удержанию их в науке.

Этот небольшой обзор отдельных докладов, сделанных на конференции и семинаре, характеризует основную тематику и проблемы, обсуждавшиеся на этих научных мероприятиях.

Анализируя итоги работы конференции и семинара, можно отметить, что, несмотря на все еще плохое финансирование фундаментальной науки, практически по всем разделам физики фазовых переходов и критических явлений имеются результаты мирового уровня. Отдельные направления активно развиваются, и приток молодежи в науку не прекратился. Интересной была и культурная программа, предложенная Оргкомитетом конференции, включающая поездку в древний Дербент и высокогорный Гуниб, а также винсовхоз "Геджухский" с дегустацией местных вин.

Намеченная программа конференции и семинара были выполнены полностью.

**Traditional international conference on phase transitions and related critical and nonlinear phenomena
(6–9 September 2000, Makhachkala, Dagestan, Russian Federation)**

I.K. Kamilov, A.K. Murtazaev

*DSC Institute of Physics, Russian Academy of Sciences
ul. Yarag'skogo 94, 367003 Makhachkala, Russian Federation
Tel. (8-8722) 62-89 60. E-mail: kamilov@datacom.ru*

This paper gives a brief review of some of the results presented at the B B Kadomtsev memorial international conference on Phase Transitions and Nonlinear Phenomena in Condensed Media, held in Makhachkala, 6–9 September 2000, under the auspices of the Institute of Physics of the RAS Dagestan Science Centre. As part of the conference, the 4th international seminar on the Physics of Magnetic Phase Transitions, commemorating the 90th birth anniversary of Academician S V Vonsovskii, was held.

PACS numbers: 01.10.Fv, 05.70.Fh, 05.70.Jk, **64.60. –i**

Received 23 January 2001