

31-е Совещание по физике низких температур

(г. Москва, 2–3 декабря 1998 г.)

В. Г. Песчанский

*Физико-технический институт низких температур им. Б. И. Веркина НАН Украины
Украина, 310164 г. Харьков, пр. Ленина, 47
E-mail: vpeschansky@ilt.kharkov.ua*

Статья поступила в редакцию 15 декабря 1998 г.

2–3 декабря 1998 г. в Москве состоялось 31-е Совещание по физике низких температур, организованное Научным советом Российской академии наук по проблеме «Физика низких температур», Институтом физических проблем им. П. Л. Капицы и Московским государственным университетом им. М. В. Ломоносова. Оно явилось продолжением регулярно проводимых в СССР Всесоюзных совещаний. Первые два состоялись в г. Харькове еще в довоенные годы, третье — там же в 1954 году. С 1955 года Научный совет по физике низких температур АН СССР возглавил академик Петр Леонидович Капица и стал бессменным председателем Всесоюзных криогенных совещаний, ежегодно организуемых в различных научных центрах низкотемпературных физических исследований. В 1957 году по приглашению П. Л. Капицы в работе конференции приняли активное участие две группы физиков из Кембриджа и Оксфорда, возглавляемые А. Б. Пиппардом и К. Мендельсоном. Связи с зарубежными криогенистами стали еще более тесными после проведения под эгидой Союза чистой и прикладной физики ЮНЕСКО Международного совещания по физике низких температур (г. Москва, 1966 г.) (LT-10). В 1969 году в Новосибирске состоялась Советско-японская конференция по физике низких температур. С 1970 г. Всесоюзные совещания по физике низких температур стали проводиться один раз в два года с регулярным участием физиков из стран — членов СЭВ, приобретя, таким образом, статус международных конференций. 31-е Совещание по своей значимости также вышло за рамки только российских регионов, поскольку более 30 докладов было пред-

ставлено научными центрами Украины и примерно 20% докладов содержали результаты совместных исследований с учеными США, Канады, Бразилии, Японии, Великобритании, Франции, Германии, Дании, Нидерландов, Бельгии, Швеции, Финляндии, Швейцарии, Македонии, Польши.

Оргкомитет во главе с вице-президентом Российской академии наук А. Ф. Андреевым включил в программу 31-го Совещания 6 пленарных 45-минутных докладов и 128 докладов на 4-х секциях: квантовые жидкости и кристаллы (секция Г), фундаментальные вопросы сверхпроводимости (секция С), низкотемпературная физика твердого тела (секция Т), электронные явления при низких температурах (секция Э).

Пленарные заседания проходили в первой половине дня в конференц-зале Института физпроблем, а секционные — во второй половине дня в различных зданиях МГУ и ИФП.

Пленарные доклады А. Ф. Андреева, И. М. Сулова, В. Л. Гуревича, В. Ф. Гантмахера, А. Н. Васильева, Н. А. Бабушкиной были посвящены актуальным проблемам физики конденсированного состояния при низких температурах.

В докладе А. Ф. Андреева (ИФП РАН, г. Москва) «Мезоскопика и фундаментальные свойства пространства» обращено внимание на актуальность использования физики низких температур при разработке современных представлений о фундаментальных свойствах физического пространства. Это связано с высокой точностью измерений при низких температурах и возможностью получать весьма низкие температуры ~1 мК, когда разность энергий возбужденного и основного состояния значительно больше темпе-

ратуры. В этих условиях «вымерзают» привычные степени свободы и пространство характеризуется лишь дополнительными степенями свободы в виде нерелятивистской версии грассмановых спинорных координат. Вклад А. Ф. Андреева в эту область исследований весьма весом, и его доклад вызвал большой интерес. Он предложил адекватное описание мезоскопической сверхпроводимости, при которой нарушается инвариантность калибровочных преобразований, и постановку низкотемпературных экспериментов, позволяющих изучить геометрию суперпространства.

Доклад И. М. Сулова (ИФП РАН, г. Москва) посвящен исследованию плотности состояний вблизи перехода Андерсона в $(4-\epsilon)$ -мерном пространстве. Последовательное флуктуационное рассмотрение проблемы приводит к появлению сингулярности при размерности пространства $d = 4$, которую для $d < 4$ автору удалось устранить, используя при суммировании диаграмм ϵ -разложение и метод Липатова расчета далеких по взаимодействию приближений.

В докладе В. Л. Гуревича (В. Л. Гуревич, R. Laino «Фотоманетизм металлов — возникновение электронного тока под действием освещения») были представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований фотоманетических явлений в нормальных металлах. Под действием освещения наблюдалось возникновение магнитного потока в образце специальной формы из немагнитного металла (Cu, Al, Zn). При температуре 4 К он составлял примерно один квант потока при интенсивности падающего света $0,04 \text{ Вт/см}^2$. В качестве возможных механизмов эффекта обсуждалось появление поверхностного тока в результате передачи светом своего импульса электронам либо вследствие анизотропии вероятностей междузонных электронных переходов. Наличие такого эффекта открывает возможность изучать механизмы релаксации носителей заряда с энергией, большей энергии Ферми, методом оптической спектроскопии при достаточно большой частоте света.

В. Ф. Гантмахер в докладе «Квантовые переходы сверхпроводник — диэлектрик» сообщил о результатах экспериментальных исследований магнитосопротивления аморфных пленок In_2O_x при низких температурах (вплоть до 30 мК), выполненных совместно с В. Т. Долгополовым, М. В. Голубковым, Г. Э. Цыдынжаповым и А. А. Шашкиным в Институте физики твердого тела РАН, п. Черноголовка. В образцах с $x < 3$ обнаружен резкий рост сопротивления в магнитных полях B , больших критического B_c , достижение

максимума сопротивления, а затем его убывание с ростом поля. Переход в диэлектрическое состояние при $B = B_c$, по-видимому, связан с локализацией куперовских пар электронов, которая в достаточно сильном магнитном поле заменяется их делокализацией и переходом в нормальное металлическое состояние.

Доклад А. Н. Васильева (МГУ) «Разделение заряда и спиновая щель в NaV_2O_3 » содержал краткий обзор экспериментальных и теоретических исследований специфического фазового перехода в этом соединении, при котором формирование волн зарядовой плотности в кристалле сопровождается возникновением щели в спектре магнитных возбуждений. Диванадат натрия оказался первым неорганическим соединением, в котором столь необычным образом связаны эти два квантовых кооперативных явления. Удвоение периода кристаллической решетки в NaV_2O_3 сопровождается перераспределением заряда между ионами ванадия. Степень окисления каждого из них равна четырем и пяти, поскольку на два идентичных иона ванадия приходится девять электронов. В результате в ванадиево-кислородных слоях ионы V^{4+} и V^{5+} образуют спиновые «лестницы». Спиновая цепочка вдоль образующих этой лестницы не способна к установлению дальнего магнитного порядка, и с понижением температуры происходит перераспределение заряда между ионами ванадия с возникновением новых зигзагообразных цепей V^{4+} и V^{5+} . Эти цепи как зарядовая подсистема представляют собой волны зарядовой плотности, а как спиновая подсистема они димеризованы и обладают энергетической щелью.

Доклад Н. А. Бабушкиной (Н. А. Бабушкина, Л. М. Белов, О. Ю. Горбенко, А. Р. Кауль, К. И. Кугель, Д. И. Хомский «Гигантский изотоп-эффект и другие низкотемпературные явления в редкоземельных манганитах») посвящен экспериментальному исследованию влияния изотопического эффекта на сопротивление системы $(\text{La}_{1-x}\text{Pr}_x)_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$, близкой к структурной неустойчивости. Изменением содержания лантана и празеодима в таких соединениях можно реализовать различные состояния от ферромагнитного металла $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$ до зарядово-упорядоченного антиферромагнитного диэлектрика $\text{Pr}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$, при этом происходит заметное искажение кристаллической решетки. Электросопротивление керамики и тонких пленок указанной системы в интервале 4,2–300 К существенно зависело от замены ^{16}O на ^{18}O . Было исследовано также влияние магнитного поля на температуру перехода металл—диэлектрик в этих системах

при варьировании состава. Предложена теоретическая интерпретация обнаруженных явлений (Д. И. Хомский, Гронингенский университет).

Результаты исследований разнообразных физических свойств манганитов подробно обсуждались также на секционных заседаниях (секция Т). В большей части докладов на этой секции сообщалось об исследованиях низкотемпературного магнетизма различных соединений, включая квазидвумерные и квазиодномерные магнетики.

Должное внимание было уделено фазовым переходам и структурным особенностям в фуллереновых кристаллах. Приведенные в докладе В. Л. Аксенова (ОИЯИ, г. Дубна) новые данные рентгеновских дифракционных исследований деформации молекулы RbC_{60} и уже известные экспериментальные результаты проанализированы с помощью симметричной теории ориентационных фазовых переходов в фуллереновых кристаллах, развитой докладчиком в соавторстве с Ю. А. Осипьяном и В. С. Шахматовым. Предложена постановка новых экспериментов по обнаружению и изучению предсказанных структурных особенностей, в частности, с помощью комбинационного рассеяния света с поляризационным анализом.

Анализ экспериментов по инфракрасному поглощению и рассеянию нейтронов в двуокиси урана проведен Ю. Г. Пашкевичем (ФТИ НАНУ, г. Донецк) и А. В. Еременко (ФТИНТ НАНУ, г. Харьков).

Динамика нано- и микрокластеров, адсорбированных на атомночистой поверхности кристалла рассмотрена в докладе И. А. Господарева, А. М. Косевича, Е. С. Сыркина, С. Б. Феодосьева (ФТИНТ НАНУ, г. Харьков).

Л. А. Боярский (ИНХ СО РАН, г. Новосибирск) сообщил о возможности исследования методом ЯМР в сильных магнитных полях более 1,5 Тл тонких эффектов, связанных с химической и структурной неэквивалентностью положения атомов ванадия в двуокиси ванадия.

Л. А. Фальковский (ИТФ им. Л. Д. Ландау РАН, п. Черноголовка) указал на возможность «холодного» разрушения металлов с помощью коротких световых импульсов, позволяющих электронам приобрести энергию, превышающую энергию Ферми. Разрушение происходит из-за деформации холодной решетки, обусловленной прямым электрон-фононным взаимодействием, и требует значительно меньшей затраты энергии, чем при равновесном плавлении кристалла.

На секции Г были представлены доклады из московского региона и Харькова (примерно по-

ровну) и один доклад был заявлен НИИ физики Ростовского госуниверситета. Основное внимание было уделено свойствам жидких и твердых изотопов гелия и их растворов. Э. Я. Рудаевским и В. А. Майдановым (ФТИНТ НАНУ, г. Харьков) были доложены принципиально новые результаты экспериментальных исследований кинетики и ядерной магнитной релаксации квантовой системы, представляющей собой твердые или жидкие включения ^3He в кристаллической матрице ^4He . А. Я. Паршин (ИФП РАН, г. Москва) доложил об оптических исследованиях равновесных и кинетических свойств граней кристаллов гелия при сверхнизких температурах, проведенных в Институте физпроблем и Helsinki University of Technology. И. Н. Адаменко (Харьковский госуниверситет) представил результаты плодотворного сотрудничества харьковских теоретиков с экспериментальной группой А. Wyatt (University of Exeter, UK), которое привело к идентификации нового эффекта — рождения «горячих» фононов холодным фононным пучком в сверхтекучем гелии.

Экспериментальные исследования по спиновой динамике в $^3\text{He-B}$ содержались в докладе В. В. Дмитриева, И. В. Косарева, Д. В. Понарина (ИФП РАН, г. Москва) по наблюдению дробных ЯМР-гармоник и в теоретической работе И. А. Фомина (ИФП РАН, г. Москва) «Локализованные прецессирующие спиновые структуры в $^3\text{He-B}$ ». Магнитное поле не снимает полностью вырождения по отношению к повороту спина при спаривании со спином 1 в $^3\text{He-B}$, и намагниченность может быть направлена как по полю, так и против поля. В результате возможно образование доменов с доменной стенкой (ДС), где происходит поворот намагниченности. И. А. Фомин показал, что наряду со статической ДС может существовать прецессирующая ДС. Им найдено решение уравнения спиновой динамики, описывающее прецессирующую ДС, время жизни которой с понижением температуры возрастает, что делает вполне возможным ее экспериментальное наблюдение.

Наибольшее число докладов, включенных в программу конференции, было представлено на секции сверхпроводимости — доклады Ю. В. Копаева (ФИАН, г. Москва) и Я. Г. Пономарева (МГУ) (по 30 минут) и 37 докладов по 15 минут. Более 30-ти докладов содержали результаты исследований физических свойств высокотемпературных сверхпроводников, и лишь в нескольких сообщениях обсуждались традиционные проблемы сверхпроводимости.

А. М. Трояновский (Институт физики высоких давлений РАН, г. Троицк) с помощью сканирующего туннельного микроскопа изучал систему вихрей в слоистом сверхпроводнике 2-го рода NbSe_2 . Вихревая структура в монокристаллах $\text{LuNi}_2\text{B}_2\text{C}$ исследована методом декорирования Л. Я. Винниковым, Ф. Л. Барковым (ИФТТ РАН, п. Черноголовка) и К. О. Cheon, Р. С. Canfield, and V. G. Kogan (Iowa State University, USA). В докладе А. С. Малишевского, В. П. Силина, С. А. Урюпина (ФИАН, г. Москва) рассматривается высвечивание электромагнитного излучения волнами Свихарга в случае джозефсоновского перехода в тонкой сверхпроводящей пленке, толщина которой много меньше лондоновской длины. Особенности резистивного состояния сверхпроводящих наноструктур обсуждались в докладе К. Ю. Арутюнова, Д. Е. Преснова, С. В. Лотхова, А. Б. Паволоцкого (МГУ) и Д. Риндерера (Университет Лозанны, Швейцария).

Доклады, посвященные высокотемпературной сверхпроводимости, содержали весьма интересные результаты, которые невозможно подробно изложить в кратком сообщении. Неожиданным был взгляд В. В. Копаева и Ю. В. Копаева на высокотемпературные сверхпроводники типа $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ как на природные гетероструктуры, в которых $2D$ электронные состояния слоев CuO_2 элементарной ячейки играют роль квантовых ям, а $2D$ состояния резервуара — квантовых барьеров.

Еще более ярко проявляется квазидвумерность проводимости в соединениях $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$, в которых анизотропия электропроводности может достигать величины порядка 10^{-4} . Результаты систематического исследования сопротивления и эффекта Холла монокристаллических пленок $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ толщиной порядка $5\,000\text{ \AA}$ при низких температурах вплоть до $0,2\text{ K}$ в магнитных полях до 12 Tл были представлены в докладе А. Н. Игнатенкова, В. Н. Неверова, А. И. Пономарева, Л. Д. Сабирзановой, Г. И. Харуса, Н. Г. Шелушиной, Т. Б. Чариковой (Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург), Н. А. Бабушкиной (РНИЦ «Курчатовский институт», г. Москва), Г. А. Емельченко, А. А. Жохова (ИФТТ РАН, п. Черноголовка).

Значительная часть докладов на секции Э была посвящена исследованиям разнообразных свойств низкоразмерных структур при низких температурах, выполненным в основном в московском регионе и г. Санкт-Петербурге. Большой интерес вызвал доклад С. В. Демишева

(ИОФАН, г. Москва) и В. В. Мошалкова (K. U. Leuven, Belgium) «Природа низкотемпературных аномалий осцилляционных характеристик квазидвумерных органических металлов на основе молекулы BEDT-TTF». В слоистых проводниках $(\text{BEDT-TTF})_2\text{XHg}(\text{SCN})_4$, где $X = (\text{K}, \text{Tl})$, амплитуда квантовых осцилляций намагниченности и магнитосопротивления в полях больших 20 Tл при $T \leq 1\text{ K}$ начинает убывать с понижением температуры. Авторам удалось найти удачную интерпретацию этих аномалий, связав их с перенормировкой g -фактора. С. В. Демичев обратил также внимание на необычное поведение высокочастотных характеристик этого комплекса с переносом заряда: наблюдаемые частоты циклотронного резонанса оказались слабо чувствительными к ориентации магнитного поля относительно слоев.

В. Т. Долгополов в докладе «Гибридизация электронных подзон двойной квантовой ямы в квантующем магнитном поле» сообщил о весьма тонких экспериментальных и теоретических исследованиях электронного энергетического спектра соединения $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, используя магнитоёмкостные измерения и спектроскопию дальнего инфракрасного диапазона.

В. И. Окулов, Е. А. Памятных, В. В. Словицкая, В. В. Устинов (ИФМ УрО РАН, Уральский госуниверситет, г. Екатеринбург) указали на возможность получения с помощью ультразвуковых измерений существенной информации об электронных состояниях в сверхрешетках типа Fe/Cr .

2 декабря 1998 г. состоялось открытое заседание Научного совета по проблеме «Физика низких температур». Ранее в период между криогенными конференциями Научным советом проводились симпозиум по сверхпроводимости и сверхтекучести в Бакуриани (Грузия), семинар по нелинейным явлениям в конденсированных средах в г. Новосибирске и семинар по низкотемпературной физике металлов в с. Старый Караван, расположенном на полпути между Донецком и Харьковом. Регулярно организовывались Международные школы по электронным явлениям при низких температурах для молодых исследователей. За истекшие четыре года после 30-го Совещания в актив Совета можно включить лишь подготовку 31-го Совещания по физике низких температур. Поэтому не было необходимости в традиционных отчетах председателей секций. Намерение сохранять традиции было единодушным, и, возможно, 32-е Совещание состоится также в Москве в 2000 году.