

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

536.48

## XI ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ФИЗИКЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

С 27 июня по 2 июля 1964 г. в г. Минске при Институте физики твердого тела и полупроводников АН БССР проходило очередное, XI Всесоюзное совещание по физике низких температур.

В работе совещания приняли участие представители почти всех организаций Советского Союза, занимающихся исследованиями в области низких температур, а также ученые из ГДР, Польши, Чехословакии, Болгарии, Венгрии и Югославии. Общее количество участников составило свыше 400 человек. На совещании было доложено более 100 работ, в которых исследовались свойства гелия, сверхпроводимость, физические свойства конденсированных сред, низкотемпературная термодинамика, криогенная техника и другие вопросы. Не имея возможности останавливаться на всех докладах, ограничимся лишь кратким резюме некоторых из них.

Совещание открылось выступлением акад. АН БССР Н. Н. Сироты. От отделения физико-математических наук АН БССР участников совещания приветствовал Ф. И. Федоров. Выступивший затем председатель Научного совета проблем физики низких температур Н. Е. Алексеев охарактеризовал общее положение физики низких температур, отметил плодотворность проводимых совещаний и необходимость дальнейшего координирования тематики исследований.

Наиболее старой проблемой физики низких температур является проблема жидкого Не. Здесь предстоит решить еще много интересных вопросов, в частности, выяснить до конца механизм нарушения сверхтекучести и исследовать вихревой характер движения Не II. В этой области уже много лет плодотворно работает группа грузинских физиков, возглавляемая акад. Э. Л. Андроникашвили. Этой группой (Э. Л. Андроникашвили, Р. А. Байдзе, Г. В. Гудабидзе, Дж. С. Цакадзе) был представлен обзорный доклад о фазовом переходе во вращающемся жидкоком гелии.

В первой части их работы изучалась релаксация квантованных вихрей методом измерения затухания колебаний диска, подвешенного на упругой нити вращающегося вместе с жидким Не. Обнаружено, что при вращении Не II с угловой скоростью, соответствующей максимуму вихревого затухания, исчезновение вихрей при переходе через  $\lambda$ -точку происходит очень медленно. Например, при перегреве в 0,05° К ( $T = 2.22^\circ$  К) число вихрей и их напряжение оставались неизменными примерно 18 минут.

Другая часть этой работы была посвящена выяснению процесса образования вихрей при охлаждении вращающегося Не ниже  $\lambda$ -точки. Для этой цели исследовалось изменение добротности вращающихся резонаторов второго звука, обусловленное возникновением в них квантованных вихрей. Из этих экспериментов следует, что время образования вихрей  $\tau = \tau_0 \exp [-(\omega - \omega_{0c})/\alpha]$ , где  $\omega_{0c}$  — критическая угловая скорость для данного сосуда,  $\omega$  — угловая скорость вращения,  $\tau \approx 900$  сек и  $\alpha = 1.18 \text{ сек}^{-1}$ . Кроме того, было показано, что внутренняя поверхность вращающегося стакана не оказывает никакого влияния на формирование вихревых нитей. Результаты измерения времени релаксации вихрей при повышении температуры выше  $T_\lambda$  по порядку величины совпадают с данными, полученными в экспериментах с колеблющимся диском.

Г. А. Гамцемидзе сообщил о результатах измерения затухания крутильных колебаний диска в Не II после остановки вращающейся жидкости. Установлено, что в этом случае в течение довольно длительного промежутка времени декремент затухания колебаний остается больше соответствующего декремента для жидкости,

не подвергнутой предварительному раскручиванию. Этот результат объясняется специфическим для Не II эффектом утечки энергии по вихрям. Отмечалось, что характер уменьшения амплитуды сильно зависит от величины угловой скорости  $\omega$  жидкости до момента торможения, а полное время жизни вихрей слабо зависит от  $\omega$ .

Харьковские физики продолжают свои исследования диаграммы состояния смесей Не<sup>3</sup> — Не<sup>4</sup>. По этому вопросу была представлена работа И. В. Богоявленинского, Н. Г. Березиной и Б. Н. Есельсона. Они установили, что в интервале давлений 50—140 atm диаграмма состояния смесей Не<sup>3</sup> — Не<sup>4</sup> имеет перспективный тип.

Интенсивное изучение свойств Не по-прежнему ведется в Москве.

Л. П. Межов-Деглии рассказал об измерениях теплопроводности твердого Не<sup>4</sup> в области температур 0,5—2,5° К и давлений до 185 atm. Максимальные значения теплопроводности примерно втрое превосходят лучшие из достигнутых ранее результатов, что говорит о высоком качестве исследованных кристаллов. Зависимость теплопроводности таких кристаллов от температуры хорошо описывается в рамках теории, развивающейся в последнее время харьковским теоретиком Р. Н. Гуржи. В этой же работе был промерен скачок Капицы на границе Не<sup>4</sup> — медь.

Пожалуй, наиболее интересной проблемой, относящейся к свойствам гелия, является проблема сверхтекучести легкого изотопа гелия Не<sup>3</sup>. После открытия П. Л. Капицы сверхтекучести Не<sup>4</sup> долгое время считалось, что Не<sup>3</sup> не переходит в сверхтекучее состояние ни при каких температурах. Дело в том, что ядра Не<sup>3</sup>, в отличие от Не<sup>4</sup>, обладают полуцелым спином. Это приводит к тому, что при низких температурах эти два изотопа обладают совершенно различными свойствами. Однако несколько лет назад в ряде работ было показано, что при очень низких температурах в Не<sup>3</sup> должно произойти спаривание возбуждений. Такое спаривание вызывает фазовый переход Не<sup>3</sup> в новое состояние, которое может оказаться сверхтекучим. Лаборатории разных стран занялись поисками сверхтекучести Не<sup>3</sup>. Задача оказалась чрезвычайно сложной, и до последнего времени удалось лишь установить, что вплоть до температуры 0,008° К никаких признаков фазового перехода в Не<sup>3</sup> нет. На прошедшем совещании В. П. Пешков сообщил о первых успехах в этом направлении. Эксперименты с трехступенчатым магнитным охлаждением блока из парамагнитной соли, в порах которой находился жидкий Не<sup>3</sup>, показали, что при температуре 0,0055° К теплоемкость Не<sup>3</sup> имеет максимум. Такое поведение теплоемкости автор объясняет фазовым переходом Не<sup>3</sup> в новое состояние.

Одной из центральных проблем в теории конденсированного состояния является вопрос о характере особенности, которую имеют термодинамические величины в точке фазового перехода II рода. Хотя решить эту задачу в общем случае в настоящее время, по-видимому, невозможно, представляется вероятным, что эта особенность имеет логарифмический характер. Согласно современным представлениям,  $\lambda$ -переход в Не и переход в сверхпроводящее состояние в металлах имеют общую природу и связаны с конденсацией бозе-частиц. Однако эксперимент показывает, что при  $\lambda$ -переходе в Не теплоемкость  $C_p$  имеет логарифмическую особенность, тогда как при сверхпроводящем переходе  $C_p$  претерпевает конечный скачок. В работе новосибирских физиков Э. Г. Батыева, А. З. Гаталинского и В. Л. Покровского рассматривается металл вблизи температуры перехода в сверхпроводящее состояние  $T_k$  ( $T > T_k$ ). При температурах, очень близких к  $T_k$  [ $(T - T_k)/T_k < (T, \mu)$ ,  $\mu$  — химический потенциал], получаются уравнения, аналогичные уравнениям для бозе-жидкости вблизи  $\lambda$ -кривой. В этом интервале температур поведение термодинамических величин такое же, как и при  $\lambda$ -переходе. В частности,  $C_p$  имеет логарифмическую особенность. Однако столь малый температурный интервал недоступен для эксперимента. В другой работе тех же авторов показано, что в рамках простой полуфеноменологической теории, исходящей из предположения о логарифмической особенности  $C_p$  на всей  $\lambda$ -кривой, и того факта, что  $\lambda$ -кривая имеет большой наклон в плоскости ( $\mu, T$ ), можно объяснить наблюдающееся в эксперименте логарифмическое поведение  $\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_T$  и конечность

$$\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right) \text{ вблизи } \lambda\text{-кривой.}$$

Н. Н. Сирота рассмотрел модель фазового перехода II рода, как перехода, происходящего через непрерывный набор промежуточных равновесных состояний.

Как и на предыдущих совещаниях, большое количество работ было посвящено сверхпроводимости.

Н. Б. Брайдт и Н. И. Гинзбург исследовали влияние высокого давления (до 30 000 atm) на сверхпроводящие свойства различных металлов. Непереходные металлы (Cd, Sn, In) обнаруживают уменьшение  $T_k$  с ростом давления, в то время как величина  $dH_k/dT|_T$  остается постоянной, что свидетельствует о постоянстве плотности состояний  $N(0)$  на поверхности Ферми. Уменьшение  $T_k$  при  $N(0) = \text{const}$  можно объяснить уменьшением параметра электрон-фононного взаимодействия микро-

скопической теории сверхпроводимости. Другой механизм, по-видимому, имеет место в переходных металлах (Zr, Ti). Здесь наблюдается увеличение  $dH_K/dT$ ,  $T_K$  и  $T_1$  с ростом давления, откуда можно сделать вывод, что  $N(0)$  растет с давлением.

Т. А. Игнатьева, Б. Г. Лазарев, Л. С. Лазарева и В. И. Макаров продолжили свои исследования влияния примесей (Ng, Bi, Sb) на ход  $T_K$  таллия под давлением. Прослежена зависимость эффекта давления от концентрации и валентности примесных атомов. Оказалось, что при достаточно большой концентрации эффект давления становится отрицательным независимо от сорта примеси. Различные сверхпроводящие свойства соединения  $V_3Ga\left(T_K, \frac{\partial M_K}{\partial T}, \frac{\partial T_K}{\partial p}\right)$  исследовали Б. Г. Лазарев, Л. С. Лазарева, А. А. Макакова и О. Н. Овчаренко.

О влиянии степени упорядоченности решетки на сверхпроводящие свойства пленок (Sn, Tl) сообщили Е. Е. Семененко, А. И. Судовцов, В. М. Кузьменко. Мерой степени упорядоченности служила электропроводность. Оказалось, что критические магнитные поля у сверхпроводящих пленок, полученных низкотемпературной конденсацией, из-за их мелкодисперсности и неравновесности очень велики по сравнению с полями равновесных пленок той же толщины. А. П. Смирнов, В. И. Тутубали и исследовали тонкие пленки олова с помощью импульсной методики. Обнаружено, что при разрушении сверхпроводимости импульсами тока малой длительности сопротивление восстанавливается неполностью. Доля восстанавливаемого током сопротивления уменьшается с понижением температуры.

Ю. Ф. Бычков, И. И. Гончаров, М. Литоминский, И. Ружичка, И. С. Хухарева измеряли критические плотности тока в больших магнитных полях на проволоках из Nb — 80% Zr, подвергнутых различной термообработке.

О теплопроводности промежуточного состояния сверхпроводников рассказал А. Ф. Андреев. Он показал, что причиной аномально малой электронной теплопроводности промежуточного состояния сверхпроводников является эффект типа падбарьерного отражения электронных возбуждений от границы между фазами. В противоположность обычному падбарьерному отражению в данном случае вероятность отражения значительно даже в условиях «квазиклассичности» потенциального барьера, т. е. в условиях, когда длина волны возбуждения намного меньше ширины переходного слоя между фазами. Специфической особенностью отражения является необычная связь между импульсами и скоростями падающего и отраженного возбуждений: импульс практически не меняется при отражении, тогда как все три компоненты скорости меняют знак. При низких температурах теплопроводность оказывается малой не только при теплопередаче посерек слоев нормальной и сверхпроводящей фаз, но и при теплопередаче вдоль этих слоев. Представляет интерес экспериментальная проверка этого вывода.

А. И. Русинов и Е. А. Шаповал изучали зависимость энергетической щели сверхпроводника и глубины проникновения в него внешнего магнитного поля от величины поля для случая зеркального отражения электронов от поверхности металлов. Для пиппартовских и лондоновских сверхпроводников подробно исследованы предельные случаи абсолютного нуля и температур, близких к  $T_K$ . Для пиппартовских металлов ( $\chi^2 \ll 1$ ) получены также формулы для области температур, не слишком близких к  $T_K$  ( $\chi^2 \ll 1 - \left(\frac{T}{T_K}\right) \ll 1$ ), где имеет место нелокальная ситуация. В области локальности результаты согласуются с теорией Гинзбурга — Ландау.

В работе А. Г. Шепелева, Г. Д. Филимонова продолжены измерения поглощения продольного ультразвука импульсным методом в монокристаллах очень чистого олова. Температурные зависимости поглощения по различным кристаллографическим направлениям проанализированы для определения значений минимальных энергетических щелей при 0° К на поверхности Ферми.

Другим важным вопросом, который интенсивно изучается в настоящее время физикой низких температур, является выяснение электронных спектров металлов (их ферми-поверхностей). Эта проблема широко обсуждалась на совещании. Весьма обширная информация о ферми-поверхностях металлов была получена при исследовании их гальваномагнитных свойств. Работы в этом направлении успешно продолжались в этом году.

В работе Н. Е. Алексеевского и В. С. Егорова было исследовано изменение сопротивления (Pd, Ag, W, V, Cr, Ti) в импульсных магнитных полях до 180 кэ. Результаты измерения дают возможность сделать заключения о ферми-поверхностях исследованных металлов. В частности, из них следует, что у Cr ферми-поверхность открыта.

О гальваномагнитных свойствах гидрированных монокристаллов палладия сообщалось в докладе Н. Е. Алексеевского, Г. Э. Карстенса и В. С. Можаевой. Было показано, что характер угловых диаграмм и величина анизотропии

сопротивления в магнитных полях до 100 кэ не изменяются в пределах исследуемых концентраций водорода. Проводилось обсуждение степени влияния растворенного водорода на форму ферми-поверхности палладия.

Весьма эффективным и чувствительным методом исследования электронных спектров металлов является также изучение их радиочастотных свойств. В докладе В. Ф. Гантмакера и И. П. Крылова сообщалось об обнаружении на радиочастотах размерного эффекта на монокристаллах индия высокой частоты при гелиевых температурах. Ими было замечено, что в случае, когда магнитное поле наклонено относительно поверхности образца, иногда наблюдается расщепление линий. Это явление объясняется дрейфом вдоль поля электронов, принадлежащих к нецентральным экстремальным сечениям, что в принципе дает возможность различать центральные и нецентральные сечения по поведению линий в магнитном поле. Полученные авторами данные о размерах экстремальных сечений дополнили известные ранее сведения о ферми-поверхности индия.

Результатам исследования поверхности Ферми в галии по данным магнитоакустических эффектов был посвящен доклад П. А. Безуглого, А. А. Галкина и С. Е. Жеваго. Ими исследована анизотропия магнитоакустических осцилляций монокристаллических образцов при температуре 4,2° К, при частоте продольного ультразвука 200 Мгц в магнитных полях до 500 э.

В работе Г. П. Мотулевич и А. А. Шубина делаются некоторые заключения о ферми-поверхности золота на основании исследования его оптических свойств и эффекта Холла. По мнению авторов, измерения показали, что отклонения ферми-поверхности золота от сферичности мало сказываются на оптических постоянных. Авторы провели оценку средних скоростей и средних эффективных масс для разных частей поверхности Ферми.

В последнее время интенсивно изучается электронный спектр висмута. Наличие большого числа теоретических работ, с одной стороны, и разнообразных, хорошо разработанных экспериментальных методов, с другой, делают этот металл очень интересным объектом для исследований. На XI конференции свойствам висмута было посвящено много докладов.

Б. И. Веркин, Л. Н. Пелих и В. В. Еременко экспериментально исследовали квантовые осцилляции химического потенциала у висмута, измеряя влияние импульсного магнитного поля на контактную разность потенциалов пары металлов, один из которых обладает малой группой носителей тока. Ими наблюдалась сильная зависимость амплитуды осцилляций от температуры. Периоды наблюдаемых осцилляций по обратному полю находятся в соответствии с периодами других аналогичных эффектов.

Квантовые осцилляции типа Шубникова — де-Гааза для монокристаллов висмута при температуре 1,6° К в полях до 12,5 кгс и на частоте 5 Мгц изучались Е. П. Вольским.

А. П. Королюк продолжил исследования осцилляций коэффициента поглощения ультразвука в монокристаллах Ві в области частот 400—600 Мгц при температуре жидкого гелия. На основании проведенных экспериментов получены сведения о форме и размерах ферми-поверхности электронов и дырок.

В докладе М. С. Хайкина и В. С. Эдельмана сообщалось об измерении импульса электронов проводимости висмута методом отсекания циклотронных резонансов. Границный импульс в направлении бинарной оси составляет  $(5,4 \pm 0,15) \times 10^{-22} \text{ г} \cdot \text{см}/\text{сек}$ . В этой же работе наблюдалось зеркальное отражение электронов проводимости от поверхности исследуемого образца.

В работе Г. А. Гогадзе и И. О. Кулника рассматривается вопрос об осцилляции тока туннельной эмиссии из тонких металлических слоев с тонкой диэлектрической прослойкой. Заметная амплитуда осцилляций имеет место при зеркальном отражении электронов от границ пленки, что возможно в случае Ві.

Н. Б. Брандт и Д. Б. Балла исследовали влияние всестороннего сжатия до 25 000 атм на температурную зависимость электропроводности монокристаллического висмута вдоль тригональной оси и перпендикулярно к ней при температуре 2—300° К. Результаты исследований дают возможность авторам полагать, что при давлении 26 000 атм при низких температурах висмут может переходить в диэлектрическую fazu. Явлениям переноса при низких температурах посвящено большое количество исследований. В последние годы в этой «классической» области намечается ряд новых эффектов. К ним относится, например, явление статического скрин-эффекта, предсказанное М. Я. Азбелием. Это явление заключается в том, что в достаточно сильном магнитном поле постоянный ток в проводниках течет в основном вблизи поверхности, что может приводить к линейной зависимости сопротивления от магнитного поля.

В докладе Б. Г. Лазарева, А. А. Мацаковой и О. Г. Очаренка сообщалось об измерениях сопротивления тонких плоских образцов чистых металлов при 4,2° К в постоянных магнитных полях до 40 кэ. Вместо сложной зависимости (например, для олова) наблюдаются значительные участки линейного хода

сопротивления в магнитном поле. Результаты рассматриваются авторами как одно из проявлений статического скин-эффекта.

В теоретических работах Р. Н. Гуржи предсказано, что при низких температурах, когда столкновения между возбуждениями (электронами и фононами), сопровождаемые процессами переброса, мало вероятны, явления переноса могут обнаруживать ряд интересных особенностей. На прошедшем совещании Р. Н. Гуржи представил еще два доклада, относящихся к этому кругу вопросов. В одном из них исследуются высокочастотные свойства очень чистых металлов при низких температурах. Оказывается, что электрон-фононные процессы, не сопровождаемые процессами переброса, оказывают существенное влияние на скин-эффект. В частности, возникает широкая область частот, в которой поверхностный импеданс зависит от частоты и температуры существенно иначе, чем в обычных случаях нормального и аномального скин-эффекта.

В другой работе рассмотрена электропроводность ряда металлов, в которых причиной остаточного сопротивления является рассеяние электронов на локальных лефектах типа примесных атомов. Показано, что в случае любой анизотропной поверхности Ферми сопротивление массивного образца первоначально растет с повышением температуры, затем достигает насыщения, которое вновь сменяется обычным ростом, связанным с влиянием процессов переброса.

Б. Фантамахер и Ю. В. Шарви продолжили исследование размерного эффекта. Обнаружено различие между температурными зависимостями отдельных линий наблюдаемого эффекта в олове. Это различие связывается авторами со специфической ролью фононного рассеяния на малые углы в случае размерного эффекта. В этом случае температурная зависимость длины свободного пробега электронов оказывается существенно слабее  $T^5$ .

Большой интерес вызвало сообщение В. Л. Гуревича, В. М. Мужданы, Р. В. Парфеньева, Ю. А. Фирсова и С. С. Шалыта об экспериментальном наблюдении нового типа осцилляций магнетосопротивления электронного антимонида индия (этот эффект был теоретически предсказан В. Л. Гуревичем и Ю. А. Фирсовым). Физическая причина этого явления связана срезонансным характером рассеяния носителей тока на оптических фонах в сильных магнитных полях  $\Omega t \gg 1$ , где  $\Omega$  — циклотронная частота,  $t$  — время релаксации электронов проводимости. На кривых поперечного и продольного магнетосопротивлений авторы обнаружили ряд осцилляционных экстремумов, периодичных по обратному полю. Период осцилляций хорошо согласуется с теоретической формулой.

Х. И. Амирханов и Р. И. Баширов продолжили исследование влияния спинового расщепления на эффект Шубникова — де-Гааза в сплавах InSb, InAs в области гелиевых температур. О прецизионных измерениях электросопротивления монокристаллов молибдена и вольфрама высокой степени чистоты и кристаллографического совершенства в интервале температур 4,2—400° К сообщалось в докладе Н. В. Волькенштейна, В. Е. Старцева, Л. С. Старостиной. На основании полученных данных обсуждался вопрос о влиянии  $s - d$ -переходов на температурную зависимость электросопротивления исследуемых металлов.

На совещании было представлено еще несколько докладов, касавшихся явлений переноса. Ю. А. Пospelов в рассказал об особенностях температурной зависимости  $\sigma_{zz}$  графита. Получено выражение  $\sigma_{zz}(T)$ , из которого следует экспериментально известная немонотонная зависимость с минимумом при 200° К. Л. Э. Гуревич и И. Н. Яссевич рассмотрели вопрос об электропроводности и термо-Э. д. с. в металлах, в которых электроны рассеиваются на параметрических ионах примеси, ориентированных полностью или частично внешним магнитным полем. Рассмотрены случаи, когда электрическое поле параллельно и перпендикулярно магнитному.

В докладе М. И. Каганова, И. М. Лифшица и В. Б. Фикса сообщались результаты исследования передачи импульса при столкновении электрона в металле с атомами или ионами примеси. Переданный импульс с точностью до вектора обратной решетки равен изменению квазимпульса электрона. Рассмотрены предельные случаи рассеяния на малые углы и на углы, близкие к  $\pi$ . Получены формулы для общего квантового случая.

А. М. Косевич, Л. В. Танатаров изучали влияние локального линейного возмущения на структуру энергетического спектра электрона с квадратичным законом дисперсии в магнитном поле. Ими показано, что характер спектра электрона в рассматриваемом случае зависит от направления магнитного поля относительно оси возмущения. При направлении поля перпендикулярно к оси возмущения электрон имеет дискретный спектр. Рассматриваемая модель возмущения может быть использована для выяснения влияния дислокаций на рассеяние электронов.

Продолжались теоретические исследования особенностей распространения ультразвука в металлах при низких температурах. В работе И. О. Кулака с помощью методов квантовой теории поля показано, что в магнитном поле при  $T = 0$  скорость звука содержит осциллирующую с обратным магнитным полем добавку (эффект,

аналогичный эффекту де-Гааза — ван-Альфена). К. Б. Власов и Б. Н. Филимонов рассчитали коэффициент вращения плоскости поляризации звука в магнитном поле для широкой области частот ультразвука и значений внешнего магнитного поля.

Л. Э. Гуревич и Б. Л. Гельмонт установили, что в металлах и полуметаллах при наличии градиента температуры при низких температурах возникает новый тип волн, которые они назвали термомагнитными волнами (ТМВ). ТМВ исследованы как при наличии внешнего поля, так и при его отсутствии. Найдены условия их слабого затухания в отсутствие магнитного поля. При падении электромагнитной волны на тело, в котором имеется градиент температуры, преломленная волна при наличии магнитного поля может оказаться усиливающейся.

Эффект Мёссбауэра, как метод изучения динамических характеристик твердых тел, продолжает привлекать внимание экспериментаторов. Н. Е. Алексеевский, А. П. Кирьянов, Ю. А. Самарский продолжили исследования анизотропии эффекта Мёссбауэра на монокристаллах белого олова, существенно увеличив точность измерений. Полученные данные подтверждают наблюденное ранее изменение анизотропии эффекта с температурой. Н. Е. Алексеевский, А. П. Кирьянов, Ю. А. Самарский и В. И. Нижниковский измеряли химические сдвиги линии Мёссбауэра в различных интерметаллических соединениях олова в широком интервале температур.

В. А. Брюханов, Н. Н. Делягин, В. С. Шпинель также изменили химический сдвиг методом эффекта Мёссбауэра и вычислили изменение электронной плотности на ядрах  $\text{Sn}^{119}$  при внедрении их в качестве примеси в различные металлические матрицы. По мнению авторов, установлено существование взаимосвязи между электронной плотностью на ядре примесного атома и динамическими характеристиками матрицы.

Ряд интересных работ был посвящен проблемам ферро- и антиферромагнетизма.

В докладе А. С. Боровика-Романова и В. А. Тулена сообщалось о двойном электронно-ядерном резонансе в антиферромагнитном  $\text{MnCO}_3$ . В области низких температур авторами изучался сдвиг линий антиферромагнитного резонанса при воздействии на образец радиочастотного поля с частотой, близкой к частоте ядерного резонанса для ядер  $\text{Mn}^{55}$ . Обнаружено, что при достаточной амплитуде радиочастотного поля сдвиг начинается при частоте  $\sim 540 \text{ MГц}$  и достигает максимальной величины при  $650 \text{ MГц}$ .

А. С. Боровиком-Романовым и Л. А. Прозоровой обнаружено насыщение антиферромагнитного резонанса, которое носит пороговый характер. Величина порогового поля намного меньше ширины линии и составляет  $\sim 0,2 \text{ э.}$  Результаты обсуждаются с точки зрения теории Сула.

Температурная зависимость антиферромагнитного резонанса в  $\text{MnCO}_3$  исследовалась Е. Г. Рудашевским в интервале температур от  $4,2$  до  $32^\circ \text{K}$ .

Н. М. Олехнович и Н. Н. Сирота исследовали распределение электронной плотности в антиферромагнитных соединениях  $\text{MnO}$  и  $\text{MnFe}_2$ . Суммарная электронная плотность определялась по рентгеновским форм-факторам, а электронная плотность  $3d$ -электронной оболочки — по нейтронным форм-факторам. Предполагается, что в исследуемых соединениях между ближайшими ионами  $\text{Mn}$  электронная плотность падает практически до нуля и, следовательно, между этими ионами отсутствует какое-либо обменное взаимодействие. Возможно, что явление антиферромагнетизма в данных соединениях связано с косвенным обменом через ионы  $\text{O}$  и  $\text{Fe}$  соответственно, так как в направлении  $\text{Mn} \rightarrow \text{O}, \text{Mn} \rightarrow \text{Fe}$  имеет место перекрытие электронной плотности.

Л. Э. Гуревич и И. Я. Коренблит изучали термо-э. д. с. ферромагнитных металлов при низких температурах. Исследованы продольная и поперечная термо-э. д. с. в области магнитных полей и температур, когда в энергии магнона основную роль играет обменный член, и при условиях, когда рассеяние магнона происходит в основном на электронах. Найдена температурная зависимость термо-э. д. с.

Исследованию магнитных свойств шпинелей при низких температурах был посвящен доклад В. А. Царева и Н. В. Завариковго. Ими измерена зависимость от температуры магнитного момента образцов марганцевого и никелевого ферритов в интервале  $15 - 30^\circ \text{K}$  в магнитных полях вплоть до  $22 \text{ кэ}$ . Установлено, что магнитный момент некоторых образцов ферритов достигает максимального значения при температурах, отличных от нуля. Делается попытка объяснить данное явление.

В докладе С. В. Вонсовского и М. С. Свирского сообщались результаты теоретического исследования взаимодействия электронов металлов, содержащих ионы переходных или редкоземельных элементов, которые индуцируются виртуальными возбуждениями мультиплетности недостроенных атомных оболочек указанных ионов.

О влиянии спонтанной стрикции на спектр спиновых волн в  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  сообщалось в докладе А. С. Боровика-Романова и Е. Г. Рудашевского. Ими показано, что учет магнитоупругих и упругих членов в термодинамическом потенциале ромбоэдрических антиферромагнетиков со слабым ферромагнетизмом приводит к небольшой щели в спектре волн, которая экспериментально наблюдается в опытах по антиферромагнитному резонансу в  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ .

В докладе Р. А. Алиханова сообщалось о результатах исследования структуры и магнетизма твердого кислорода по нейтронографическим данным. Установлено, что  $\alpha\text{-O}_2$  кристаллизуется в решетку с пространственной группой  $C_{2h}^2 - P\frac{1}{2}\frac{1}{m}$  (плотность 1,49 г/см<sup>3</sup>).

Исследована динамика решетки  $\alpha\text{-O}_2$ . Рассмотрены магнитные свойства  $\alpha\text{-O}_2$  (одноосный антиферромагнетик),  $\beta\text{-O}_2$  (трехосный антиферромагнетик) и  $\gamma\text{-O}_2$  (пармагнетик).

Ряд докладов был посвящен различным вопросам физики низких температур. И. В. Матяш, В. В. Манк, и М. Г. Старков исследовали диффузию Н<sub>2</sub> в жидкий азот в интервале давлений 0—10 атм методом ядерно-магнитного резонанса. И. В. Сочава и О. Н. Трапезникова исследовали температурную зависимость теплоемкости полиметилакрилата и полиметакриловой кислоты в интервале от 50 до 200° К. Сделаны выводы о заторможенном вращении метильной эфирной группы в полиметилакрилате, полиметилметакрилате и полиметакриловой кислоте.

В. Г. Манжелий и В. Г. Гаврилко доложили о разработанной ими методике измерения плотности отвердевших газов в широком температурном интервале. Измерены плотности и рассчитаны коэффициенты объемного расширения твердых метана, ксенона и аммиака.

Об оптических свойствах кристаллического кислорода сообщалось в докладе А. Ф. Приходько, О. С. Пахомовой и Т. П. Птухи.

С интересным сообщением выступил немецкий физик Л. Бевилогуа (ГДР), изучавший низкотемпературные свойства неона. Автор сообщил о применении жидкого неона в качестве хладоагента для получения температур 20—30° К. Использование неона для этой цели чрезвычайно удобно (по сравнению с водородом), поскольку в этом случае требуется сравнительно небольшая работа для получения 1 ккал холода и, кроме того, неон не взрывоопасен. Им были также сообщены результаты исследования некоторых физических свойств жидкого неона, таких, как теплопроводность, вязкость, атомный объем и др.

Технике получения низких температур, сверхвысокого вакуума и некоторым низкотемпературным измерениям было посвящено специальное заседание. С. Ф. Гришин и Е. Я. Гришина доложили о простом устройстве с адиабатическим размагничиванием парамагнитной соли, которое по хладопроизводительности сравнимо с обычными криостатами, где применяется жидкий Не<sup>3</sup>, а получаемые температуры несколько ниже.

О современных методах получения и использования гелиевых температур рассказал М. П. Малков. Значительное внимание в его докладе удалено описанию холодильных циклов для получения гелиевых температур с использованием эффекта Джоуля — Томсона, детандера и вытеснителя Джибард — Мак-Магона. А. Ф. Швец рассказал о конструкции прибора, позволяющего получать температуры от 4,2 до 0,3° К методом откачки Не<sup>3</sup> угольным адсорбционным насосом.

Н. П. Данилова и А. И. Шальников в разработали простой метод получения и измерения сверхвысокого вакуума (ниже 10<sup>-12</sup> мм рт. ст.) в нетренированной аппаратуре с помощью гелиевого конденсационного насоса.

Ф. П. Коршунов, В. И. Осинский, Н. Н. Сирота проводили исследования температурной зависимости некоторых характеристик различного типа диодов в широком интервале температур.

И. М. Дмитриенко, С. П. Логвиненко, Н. И. Иванов изучали возможность использования диодов из арсенида галлия в качестве датчиков низких температур.

А. Б. Фадков привел данные о криостате для сверхпроводящего соленоида, позволяющего получать сильные магнитные поля при комнатных температурах. В. П. Пешков и А. Я. Паршин измеряли теплопроводность ряда тепловых ключей в различных магнитных полях.

Об усовершенствовании аппаратов для очистки водорода рассказал Я. П. Коcти. О магнитометре на основе пленоочного датчика Э. д. с. Холла из селенида ртути, работающего при температуре жидкого гелия, сообщалось в докладе С. В. Одеснова, Г. А. Удзулашибили, В. Е. Хведелидзе, Д. Г. Чигвиадзе и В. А. Пухмана; Ю. К. Пилипенко рассмотрел вопрос об изменении активности катализатора для орто- и парапревращений в условиях работы водородного ожигителя.

Два доклада были посвящены сверхпроводящим резонаторам, которые могут быть использованы в ускорительной технике.

Б. И. Веркин, И. М. Дмитриенко, В. М. Дмитриев, Г. Е. Чурялов, Ю. М. Бородавко доложили об исследованиях сверхпроводящих резонаторов трехсанитметрового диапазона, изготовленных из свинца по различной технологии.

И. С. Сидоренко, Е. И. Ревуцкий провели исследования высокочастотных свойств свинцовых сверхпроводящих пленок, нанесенных на токонесущие поверхности медных резонаторов.

На закрытии Н. Е. Алексеевский подвел итоги работы совещания и отметил наиболее интересные доклады.

Во время работы совещания участники и гости из стран народной демократии ознакомились с криогенной лабораторией Института физики твердого тела и полупроводников АН БССР.

Участники высказали мнение, что в дальнейшем следует проводить совещания по более узким вопросам.

*Н. М. Олехнович, Ю. Д. Ануфриев, А. Я. Паршин.*