# УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

### совещания и конференции

### 7-е ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ФИЗИКЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Совещания по физике низких температур проводятся в нашей стране ежегодно. 23—28 июня с. г. состоялось 7-е совещание. На этот раз местом проведения совещания был избран г. Харьков. Ознакомление с работой ФТИ АН УССР, его криогенными лабораториями дало много полезного участникам совещания. Задачей 7-го, как и предыдущих совещаний, являлась взаимная информация о работе, проделанной за год в СССР, обмен мнениями, обсуждение планов дальнейшей работы. Роль таких совещаний возрастает и будет все более возрастать по мере «децентрализации» науки и создания повых крупных научных центров — таких, как Сибирское отделение АН СССР и др.

В работе совещания приняли участие около 400 человек, в том числе около 200 человек из других городов — Москвы, Киева, Ленинграда, Тбилиси, Алма-Аты, Сухуми, Махачкалы, Казапи, Свердловска, Баку, Ставрополя, Еревана, из Сибирского отделения АН. К совещанию было подготовлено около ста докладов, тезисы которых были вручены участникам. 53 наиболее важных из них были заслущаны на пленарных заседаниях, часть — на симпозиумах. Отдельные симпозиумы были посвящены технике низких температур, жидкому гелию, сверхироводимости. Был проведен теоретический симпозиум. В работе совещания приняли самое активное участие крупнейшие советские ученые — специалисты в области физики низких температур и физики твер-- академики П. Л. Капица, Л. Д. Ландау, И. В. Обреимов, действительный член АН УССР Б. Г. Лазарев, члены-корреспонденты АН СССР Н. Е. Алексеевский, С. В. Вонсовский, И. М. Лифшиц и др.

Совещание открыл руководитель проблемы физики низких температур и физики твердого тела Академии наук СССР акад. П. Л. К а п и ц а. Он кратко остановился на истории развития криотенной техники и отметил наблюдающийся большой рост потребностей в жидком гелии, связанный отчасти с выходом физики низких температур в технику. П. Л. Капица сообщил, что в руководимом им Институте физических проблем разработаны две машины для ожижения жидкого гелия. Оба ожижителя — детандерного типа, без водородного цикла. Первая машина, работающая с охлаждением жидким азотом, имеет производительность 5,5 литра жидкого гелия в час и время пуска около одного часа. Эта машина уже передана на внедрение в промышленность. Вторая, работающая без какого-либо предварительного охлаждения другими жидкостями,более крупная и сейчас уже дает 14 литров жидкого гелия в час. Машина будет осваиваться в течение двух-трех лет. В процессе создания этих машин удалось значительно улучшить к. п. д. гелиевых поршневых детандеров (главным образом в результате использования в поршнях и клапанах пластических масс). П. Л. Капица указал также на наблюдающееся изменение характера работы с жидким гелием: теперь ожижительные машины все в большей мере работают для пополнения запасов жидкого гелия в контейнерах, поступающих затем в заборатории. П. Л. Капица проанализировал состояние физики низких температур и стоящие перед ней проблемы (критические скорости в сверхтекучем жидком гелии II, связь критической температуры  $T_{\mathtt{K}}$  появления сверхпроводимости с физическим строением чистых металлов и сплавов). Он подчеркнул значение, которое, по-видимому, приобретут в скором будущем исследования полимеров при низких температурах.

### і. жидкий гелий

По этой проблеме на пленарных заседаниях было заслушано восемь поклалов. В. П. Петков (ИФП АЙ СССР) предложил механизм нарушения сверхтекучести гелия II в капиллярах с круглым сечением и вывел формулу для величины критической скорости  $v_s$ . Он считает, что достижение критической скорости соответствует возникновению в сверхтекучей части гелия II вихревого кольца с радиусом, равным радиусу канилляра R. Используя зависимость энергии от импульса для вихревого кольца и вводя время релаксации т, характеризующее процесс возникновения кольца. он получил формулу, хорошо согласующуюся с многими экспериментальными данными о зависимости  $v_{\S}$  от R. Л. Д. Ландау и И. М. Халатников высказали критические соображения о работе, сводящиеся в основном к тому, что в предложенной формуле для  $v_{\rm s}$  имеются два параметра, которые подбираются произвольно. Р.  $\,$  А.  $\,$  Ч  $\,$  е  $\,$  н $^{-}$ ц о в отметил, что, исходя из теории Пешкова, следует ожидать изменения характера нарушения сверхтекучести при исследовании явления на частотах  $v \gg \tau^{-1} (\sim 10^3 - 10^4 \ eV)$ .

Ю. Г. Мамаладзе рассказал о ряде работ, посвященных экспериментальному и теоретическому изучению вихрей в сверхтекучем гелии. Все эти работы выполнены в Институте физики АН Грузинской ССР (г. Тбилиси). Э. Л. Андрониканвили совместно с Д. С. Цакадзе были исследованы аксиально-крутильные колебания легкого диска, подвешенного во вращающемся гелии 11. Ими же совместно с К. Б. Месоед выполнено аналогичное исследование для случая тяжелого диска. Найдено, что в случае легкого диска вращение гелия 11 приводит к увеличению затухания колебаний диска и одновременно к увеличению их частоты. Определена зависимость этого эффекта от скорости вращения. Продолжение прежних исследований с тяжелыми дисками в значительно более широком интервале скоростей вращения показало, что при больших скоростях затухание диска имеет зависимость от скорости того же характера, что и в классических жидкостях. Кривые затухания колебаний дисков подобны в системе координат затухание — отношение частот вращения и колебаний. С уменьтением частоты колебаний уменьшается влияние шероховатости на затухание диска. Ю. Г. Мамаладзе теоретически исследован механизм затухания диска, состоящий в возбуждении в вихревых нитях двух упругих волн с противоположными круговыми поляризациями. Одна волна ответственна за диссипацию энергии, вторая — за изменение частоты колебаний. Ю. Г. Мамаладзе и С. Г. Матиняном решена система уравнений гидродинамики вращающегося гелия И и найден вращательный момент, действующий на колеблющийся диск. Проанализировано влияние взаимного трения в гелии II и проскальзывания вихрей.

Гуан Вей-янь (эта работа выполнена в ИФП АН СССР) рассказал об измерениях скачка температуры на границе гелия 11 с твердыми телами: свинцом, оловом, платиной, никелем и кристаллическим кварцем. Это явление открыто П. Л. Капицей, теория его развита Халатниковым. Наблюдающееся отклонение абсолютной величины эффекта от предсказаний теории Халатникова связывается Гуан Вей-янем с существованием «аморфного» слоя у поверхности образца металла. Правильность такого объяснения подтверждается тем, что электрополировка образцов в ряде случаев (Pb, Ni) приводит к сближению с теорией. Возможно также, что слой гелия II, непосредственно прилегающий к твердой поверхности, обладает измененными свойствами. Гуан Вей-янь исследовал также температурный скачок в условиях вращения гелия II и при переходе металла (олова) в нормальное состояние. Никакого влияния этих условий на скачок

не обнаружено.

И. Л. Бекаревич и И. М. Халатников (ПФП АН СССР) теоретически предсказали температурный скачок Капицы на границе твердого тела и жидкого He3— легкого изотона гелия, аналогичный скачку в случае гелия II. Найдено выражение для величины скачка при низких температурах. Коэффициент теплопередачи через границу оказывается пропорциональным кубу температуры. Описанное явление, по существу, связано с излучением «нулевого звука» в жидкий  ${\rm He^3}$  твердым телом. При более высоких температурах ( $T \!\!\!> \!\!\!\!> 1^\circ$  K) станет возможным излучение в жидкий  ${\rm He^3}$ (как в случае He II) обычного звука. Это должно проявиться в скачке величины численного множителя при законе  $T^3$ . В. П. П е ш к о в высказал мнение, что для проверки этого предположения необходимы измерения при значительно более низких температурах — порядка 0,01° К. Н. Е. Алексеевский предложил использовать конструкцию, в которой твердое тело омывается с одной стороны обычным жидким гелием, а с другой —  $He^3$ . Т. П. Птуха (ИФП АН СССР) сообщила об определении коэффициентов

диффузии и теплопроводности слабых растворов He<sup>3</sup> в сверхтекучем He<sup>4</sup>. В таких растворах к коэффициенту обычной теплопроводности прибавляется член, описывающий движение нормальной части жидкости (этот член прямо связан с коэффициентом диффузии атомов Не3). Измерения выполнены для растворов нескольких концентрадий в области температур от 1,1° К до  $\lambda$ -точки. Результаты находятся в хорошем согласии с теорией Халатникова и Жаркова. Вычислено сечение рассеяния атома  $\mathrm{He^3}$  на ротопе (оно равно  $160~\mathrm{\mathring{A}^2}$ ) и на фононе  $(0,027\cdot T^5\mathrm{\mathring{A}^2})$ .

# и. сверхпроводимость

По сверхпроводимости было заслушано также восемь докладов. П. А. Безуглый и А. А. Галкин (ФТИ АН УССР) сообщили о новых измерениях анизотропии поглощения ультразвука в олове, свидетельствующих об анизотрошии энергетической щели сверхпроводника  $\varepsilon_0$ . Измерения проводились в более широком интервале

экспоненциального вида, как и существующая формула.

А. А. А б р и к о с о в и Л. П. Г о р ь к о в (ИФП АН СССР) изложили теорию сверхпроводников, содержащих парамагшитные примеси в малой концентрации. Строго показано, что наличие обменного взаимодействия электронов проводимости с электронами внутренних незаполненных оболочек атомов примеси приводит к понижению  $T_{\rm K}$ . По мнению авторов, теоретически предсказанное уменьшение  $T_{\rm K}$  было наблюдено Маттиасом и сотрудниками на лантане с примесью гадолиния. Интересно поведение сплава при концентрациях, близких к критической концентрации  $n_{\rm K}$ , соответствующей обращению  $T_{\rm K}$  в нуль (исчезновение специфической корреляции электронов). Оказывается, что при концентрации около 0,9  $n_{\rm K}$  энергетическая щель должна исчезнуть; экспериментально это проявится в исчезновении порога поглощения электромагнитной энергии и в степенном (вместо экспоненциального) законе теплоемкости вблизи абсолютного нуля. Доклад вызвал живую дискуссию, в которой приняли участие П. Л. К а п и ц а, Л. Д. Л а н д а у, Б. Г. Л а з а р е в, П. Е. А л е к с е е вс к и й, И. М. Л и ф ш и ц, Н. В. З а в а р и ц к и й, М. Я. А з б е л ь. Отмечалось, что представляет интерес влияние примесей более высокой концентрации, влияние немагнитных примесей, применение вместо лантана менее активных химически

объектов исследования (например, исследование системы ванадий — железо). С. В. В о н с о в с к и й, Б. В. К а р и е и к о (Институт физики металлов АН СССР, г. Свердловск) и М. С. С в и р с к и й (Челябинский педагогический институт) выступили с теоретическим докладом о связи сверхпроводимости с ферромагнетизмом и антиферромагнетизмом. Показано, что внутренние электроны, участвующие в магнитном упорядочении атомной решетки, препятствуют образованию куперовских пар. Существуют два эффекта этого рода. Один из пих, заключающийся в появлении сил отталкивания между электронами проводимости, индуцированных ферромагнонами, должен иметь место и в ферро- и в антиферромагнетиках. Проведено количественное исследование эффекта в рамках микроскопической теории при малом отношении  $T_{\rm R}/\theta$  ( $\theta$ — температура Кюри). Установлен критерий одновременного существования ферромагнетизма и сверхпроводимости. Последняя маловероятна у ферромагнетиков с высокой  $\theta$ . В ходе дискуссии по докладу был затронут вопрос о возможности сверхпроводимости при очень больших илотностях тока, предсказанной Парментером. Если схема Парментера верпа (а на этот счет не было единого мнения), то, по мнению С. В. Вопсовского, не исключена возможность сверхпроводимости на больших токах и у ферромагнетиков с высокой  $\theta$ .

А. А. Абрикосов и Л. А. Фальковский (ИФП АН СССР) теоретически рассмотрели вопрос о комбинационном рассеянии света в сверхпроводниках. Показано, что при нормальном падении электромагнитной волны на сверхпроводящую поверхность в отраженном свете появляется сателлит с размазанным спектром (с  $\omega$  от  $\omega_0 - \frac{2\varepsilon_0}{h}$  и ниже, где  $\omega_0$ — частота падающего и  $\omega$ — отраженного света,

 $\varepsilon_0$ — энергетическая щель). Количественно эффект очень мал и, по крайней мере при

существующих в настоящее время возможностях, не может быть замечен на опыте. И. В. Заварицкий (ИФП АН СССР) рассказал об исследованиях теплопроводности гексагональных металлов цинка и кадмия и некоторых других сверхпроводников. Найдено различие температурного хода теплопроводности в направлении главной оси [004] и в перпендикулярном направлении. По формуле, выведенной Халатниковым, рассчитана анизотропия величины эпергетической щели  $\varepsilon_0$ . Минимумы  $\varepsilon_0$  лежат в плоскостях (004). При этом для цинка  $\varepsilon_{\min} \approx 1,2kT_{\rm K}$ ,  $\varepsilon_{\max} \sim 1.7~kT_{\rm K}$ , для кадмия  $\varepsilon_{\min} \sim 1.35~kT_{\rm K}$ . Анизотропия у Си меньше, чем у Ип. Докладчик сообщил также об исследованиях теплопроводности очень чистых олова и таллия; полученные данные дают основание полагать, что при переходе в сверхироводящее состояние происходит резкое увеличение рассеяния электронов на фононах.

В. К. Севастьянов и В. А. Соколина (Пиститут кристаллографии

В. К. Севастьянов и В. А. Соколи на (Пиститут кристаллографии АП СССР и МГУ) выступили с докладом об исследовании магнитных свойств тонких иленок олова и индия. Экспериментальные данные обрабатывались на основе теоретической работы Г.Ф. Жаркова (ФИЛН). Последним выполнен расчет (в рамках теории Лондонов) магнитного момента тонких сверхпроводящих эллипсоидов враще-

ния в поле, направленном по оси вращения. Пленки Sn и In толщиной  $d \gg 0.4~{\it m\kappa}$ получались испарением в вакууме на подложку из полированного кристаллического кварца, охлажденную до температуры жидкого азота. Пленочные образцы имели вид системы дисков (наименьшим диаметром D=50 мк) и приближенно могли рассматриваться как тонкие эллипсоиды. На торсионных весах измерялся момент сил, действующих на образец, помещенный в почти параллельное пленке однородное поле. Вычислялась поперечная компонента магнитного момента ( $M_{\perp}$ ) как функция поля и температуры. Из расчетов Жаркова следовало, что  $M_{\perp}$  не должно зависеть от d, если  $\sqrt{Dd} > \lambda$ . Этот результат подтвержден экспериментально. Зависимость от d обнаруживается лишь у пленок с малым D и у неоднородных гранулированных пленок, ведущих себя как совокупность «изолированных» зерен с малым D. Определенные из кривых намагипчивания крптические поля хорощо совпали с предсказаниями макроскопической теории Гинзбурга — Ландау (причем даже для температур, удаленных от  $T_{\rm K}$  на полградуса) и позволили определить глубину проникновения  $\lambda_0$ . Для олова  $\lambda_0 = 8.5 \cdot 10^{-6}$  см. для индия  $\lambda_0 = 4.0 \cdot 10^{-5}$  см. Н. Е. Алексеевский отметил, что в этой работе впервые намечено решение вопроса об измерении магнитного момента тонких пленок и использовании полученных данных для количественной обработки. В дискуссии приняли участие также Л. Д. Ландау, Б. Г. Лазарев и др.

А. М. Колчин, Ю. Г. Михайлов, И. М. Рейнов, А. В. Румян-цева, А. П. Смирнов и В. Н. Тотубалин (ФТИ АН СССР, г. Ленинград) сообщили результаты исследования разрушения током сверхпроводимости тонких пленок олова в виде полосок размером  $10 \times 0,15$  мм. Измерялось сопротивление образцов как функция тока на постоянном токе и импульсах различной формы и длительности. Отмечено влияние нагрева током и других факторов на кинетику перехода в нормальное состояние. Скорость обратного перехода в сверхпроводящее состояние оказалась зависящей от того, был ли образец полностью переведен в нормальное состояние или в нем оставались сверхпроводящие области. В последнем случае переход в сверхпроводящее состояние сильно замедляется. Для прямого перехода в известных

условиях наблюдаются времена перехода, меньшие 0,01 микросекунды.
Б. Г. Лазарев, Е. Е. Семененко и А. И. Судовцов (ФТИ АН УССР) рассказали об исследованиях электропроводности пленок бериллия, сконденсированных на холодную подложку. Условия испарения и конденсации оказывают существенное влияние на сверхпроводимость этих пленок. При быстром (~10 секунд) испарении металла на подложку, имеющую температуру жидкого гелия или жидкого водорода, получаются пленки, обладающие резким сверхпроводящим переходом при 8,5—9° К и полностью теряющие способность перехода в сверхпроводящее при с,о— и полнение после нагрева выше 40° К. В то же время пленки, полученные в результате медленного испарения (~20 минут), обнаруживают размытый сверхпроводящий переход; признаки сверхпроводимости при низких температурах сохранялись у этих пленок даже после отогрева до комнатной температуры. Авторами исследовались также свойства пленок железа и меди. В то время как сопротивление медной пленки при отогреве от гелиевой температуры изменяется плавно, сопротивление железной пленки резко необратимо уменьщается в узком интервале температур около 40° К. Это, по-видимому, отражает структурные изменения Fe-пленки и позволяет думать, что подобно Be, Bi, Ga и Hg железо в свежесконденсированном состоянии имеет иную модификацию, переходящую в обычную лишь при повышении температуры. Сверхпроводимости у пленок железа не обнаружено.

Последний вопрос подвергся довольно оживленной дискуссии. Н. В. Заварицкий сообщил, что измерения, выполненные в ИФП, также показали, что пленки железа толщиной  $10^{-5}-10^{-7}\,\mathrm{cm}$ , сконденсированные при температуре жидкого пленки железа толщиной  $10^{-10}$  см, сконденсированизе при гемпертуре жидкого водимости. В то же время в сообщении Е. А. Никулина, Н. М. Рейнова и А. П. Смирнова (ФТИ АН СССР) указывалось, что пленки железа толщиной  $\sim 10^{-5}$  см, осажденные при  $T \sim 5^{\circ}$  К, обладают сверхпроводимостью. Переход в нормальное состояние фиксировался бесконтактным методом. В дискуссии приняли участие Н. Е. Алексеевский, Б. Г. Лазарев, П. Л. Капица и др. Общее мнение состояло в том, что вопрос требует дальнейшей экспериментальной про-

верки и выяснения.

### ІІІ. ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Было обсуждено десять докладов по этой тематике. Н. Е. Алексеевский, Ю. П. Гайдуков (ИФП АН СССР), И. М. Лифшиц (ФТИ АН УССР) и В. Г. Песчанский (Харьковский ун-т)

выступили с докладом «Форма поверхности Ферми олова по данным гальваномагнитных измерений». Доклад был сделан Ю. П. Гайдуковым. В ИФП было проведено детальнос исследование изменения сопротивления в магнитном поле и эффекта Холла на большом

числе ( $\sim$ 40) очень чистых образдов (обычно  $\varrho_{300^{\circ}K}/\varrho_{4,2^{\circ}K}=20\,000\div60\,000)$ , имевших различные кристаллографические ориентации. Измерения проводились в полях до 34000 s при температуре 4,2° К. Сравнение полученной стереографической проекции направлений магнитного поля и тока с теорией Лифшица и Песчанского, а также анализ данных по эффекту Холла позволили получить довольно ясное представление о виде фермиевской поверхности. Открытая поверхность Ферми олова представляет собой две «гофрированные плоскости» с нормалью по направлению [001] обратной решетки; эти плоскости соединены трубками, оси которых совпадают с ребром [001] обратной решетки. Расстояния между плоскостями и диаметры трубок примерно равны половине постоянной обратной решетки. Кроме того, олово имеет еще, по видимому, замкнутую поверхность того же объема (в пределах одной ячейки обратной решетки). При этом замкнутая поверхность является электронной, открытая — дырочной. Компенсацией объемов электронной и дырочной поверхностей Ферми можно объяснить квадратичное возрастание сопротивления для ряда ориентаций. В дискуссии по работе, помимо авторов, приняли участие Л. Д. Ландау, Е. С. Боровик, М. И. Каганов и др.

Э. А. Канер (Институт радиотехники и электроники АН УССР, г. Харьков) рассказал о своих работах, в которых детально развита теория поглощения ультразвука в чистом металле, номещенном в магнитное поле Н. Им показано, что резонансное поглощение ультразвука в магнитном поле, открытое Пиппардом, приобретает особые черты в зависимости от характера поверхности Ферми: кривая коэффициента поглощения как функции магнитного поля может иметь не обычный синусоидальный вид, а вид осцилляций с очень острыми резонансными пиками, соседствующими с широкими асиметричными минимумами. Наличие резонанса подобного вида при к \( \pm H \) (к — волновой вектор) указывает на наличие открытых периодических траекторий электронов. Рассмотрены также особенности поглощения ультразвука в сильном магнитном поле.

А. А. Галкини А. П. Королюк (ФТИАН УССР и ИРЭАН УССР) сообщили результаты экспериментального исследования поглощения ультразвука в магнитном поле в олове, а также в индии и цинке. Измерения велись на монокристаллических образцах высокой чистоты в дианазоне частот  $60-140~M_{eq}$ . В олове при некоторых соотпошениях между направлениями поля, распространения звука и кристаллографических осей найдены несинусоидальные осцилляции типа описанных Канером. Коэффициент поглощения периодичен по  $H^{-1}$ . Наличие таких осцилляций при  $\mathbf{k} \perp \mathbf{h}$  говорит о существовании открытых периодических траекторий. У Іп и Zn наблюдались только гармонические осцилляции. Найдено насыщение коэффициента поглощения в сильных полях и его анизотропия (для всех трех металлов). Качественно эксперименты согласуются с теорией, развитой Канером, однако количественное согласие в ряде пунктов отсутствует (например, величина возрастания коэффициента поглощения в поле должна быть намного больше наблюдаемой). В дискуссии приняли участие И. М. Л и ф пп и ц и Н. Е. Алексеевский, отметившие большие потенциальные возможности ультразвуковых измерений в магнитном поле как объемного метода исследования поверхности Ферми, а также П. Л. К а п и ц а, М. И. К а г ан о в и др.

М. С. Х а й к и н (ИФП АН СССР) рассказал об исследовании нового явления — осцилляторной зависимости поверхностного сопротивления металла от слабого магнитного поля ( $\sim$  6 эрстед). Основные измерения выполнены на монокристаллической пластинке олова, вырезанной перпендикулярно к оси второго порядка. Поле было приложено параллельно пластинке (вдоль тетрагональной оси). Измерения велись весьма чувствительным методом частотной модуляции на частоте 9400 Mги. Осцилляции максимально выражены при параллельных постоянном и высокочастотном полях. Эффект анизотропен и уменьшается при переходе к менее чистым образцам. Периодичность наблюдается не по  $H^{-1}$ , а по g  $H:H_{n+1}/H_n\approx 1,6$ . При температурах  $T=3,8\div 4,2^\circ$  К эффект слабо зависит от температуры, однако при  $T\sim 10^\circ$  K он, по предварительным данным, исчезает. Этот эффект наблюден также на кадмии  $(H_{n+1}/H_n\approx 2,1)$  и на индии; на алюминии он не замечен. Возможно, в этих результатах сказывается различная степень чистоты металлов. Ю. В. Ш а р в и н (ИФП АН СССР) в дискуссии сообщил, что им и В. Ф. Гантмахером, по-видимому, это же явление было обнаружено на частоте 1,9 Mги на цилиндрическом образце олова, помещенном в продольное магнитное поле. Амплитуда осцилляции при 4,2 $^\circ$  К заметно меньше, чем при 3,8 $^\circ$  К. Эти сообщения вызвали большой интерес. В дискуссии приняли участие И. М. Л и фш и ц, М. И. К а г а н о в, Б. Г. Л а з а р е в, М. Я. А з б е л ь (который отметил, что периодичность по g Н может наблюдаться, если в явлении участвуют участки поверхности Ферми с небольшими выступами или впадинами), П. Л. К а п и ц а, Л. Д. Л а н д а у

М. Я. А з б е л ь (ФТИ АН УССР) выступил с работой, в которой предсказан новый резонансный эффект в чистых металлах на высоких частотах. Эффект должен наблюдаться в случае закона дисперсии электронов проводимости, отличного от квадратичного. Он заключается в том, что поле убывает по мере проникновения в металл

не монотонно, а имеет резкие ( $\sim 10^{-5}$  см) «всплески» на определенных глубинах, больших по сравнению с толщиной скин-слоя. Всплески имеют форму, напоминающую кривые аномальной дисперсии, и повторяются через интервалы  $\sim 10^{-3}$  см. Вторая особенность поведения поля заключается в чрезвычайно медленном законе убывания амплитуды всплесков; их заметное ослабление происходит на глубинах порядка миллиметра. Физическая сущность явления (указанная П. Л. Капицей) состоит в образовании гигантских «атомов» из электронов, совершающих ларморову прецессию. В обычном случае имеется набор различных радиусов, но условия резонанса при неквадратичном спектре приводят к отбору вполне определенного радиуса. Этот резонанс экспериментально должен проявиться в ряде эффектов: селективная прозрачность пластин толщиной  $\sim 1$  мм в резонансе; скачки импеданса и появление прозрачности пластин при вращении постоянного магнитного поля в плоскости пластину электронное «эхо», наблюдение которого дает непосредственно сведения о поверхности Ферми. Эффект должен обнаруживаться на очень чистых металлах в магнитных полях  $\sim 10^4$  э в сантиметровом диапазоне. Работа была встречена с живым интересом.

М. С. Хайкин (ИФП АП СССР) рассказал об исследовании циклотронного резонанса на олове, проведенном высокочувствительным частотно-модуляционным методом. Получены спектры резонансов для различных направлений магнитного поля. Резонансы сильно зависят от температуры T (исследовались  $T > 1,8^{\circ}$  К) и исчезают при  $T > 4^{\circ}$  К. Максимумы периодичны по  $H^{-1}$ ; положения максимумов не зависят от T. Вычислены значения эффективных масс электронов, участвующих в резонансе. И. М. Лифшицотими, что это, по-видимому, первая работа, в которой циклотронный резонанс выступает не как самоцель, а как метод исследования металла. В дискуссии выступили также А. А. Галкин, сообщивший предварительные результаты исследования циклотронного резонанса в олове при помощи обычной радиоспектроскопии, М. Я. Азбель и др. М. Я. Азбель (ФТИ АН УССР) рассказал также о работе, посвящен-

m M. Я. Азбель (ФТИ АН УССР) рассказал также о работе, посвященной вопросу о возможности определения фермиевской корреляционной функции ферми-жидкости Ф (p, p'), которая паряду с законом дисперсии является важнейшей характеристикой металла. Оказалось, что при резонансе на высоких частотах (миллиметровые волны) в сильных магнитных полях ( $10^4-10^5$  о) ширина резонанса зависит от Ф. Измерения поверхностного импеданса в указанных условиях (довольно жестних с точки зрения аксионимента) могут дать сведения о корренциинной функции.

- ких с точки зрения эксперимента) могут дать сведения о корреляционной функции. С. В. Вонсовский, Н. В. Волькенштейн, Ю. П. Ирхин, Г. В. Федоров и В. П. Широковский (Институт физики металлов АН СССР, г. Свердловск) доложили результаты большого экспериментального исследования анизотропии эффекта Холла ферромагнетиков Ni, Со, Gd и Ni<sub>3</sub>Mn. Измерения проводились на монокристаллических образцах (кроме гадолиния) в широком интервале температур T от жидкого гелия до комнатной температуры. Обнаружена анизотропия обыкновенного коэффициента Холла  $R_0$  и немонотонная зависимость  $R_0$  от T. По полученым данным вычислены подвижности носителей при низких температурах. Для кобальта установлена также анизотропия спонтанного коэффициента Холла. Проведен расчет эффекта Холла в анизотропном ферромагнетике в предположении, что электропроводность металла зависит от магнитного поля и намагниченности. Найдено, что  $R_0$  может быть анизотропен в ферромагнетиках даже кубической симметрии.
- Н. Б. Б рандт (МГУ) рассказал об исследовании влияния примеси свинца на энергетический спектр электронов у висмута методом изучения квантовых осцилляций магнитной восприимчивости. Измерения велись при различных ориентациях магнитного поля относительно кристаллографических осей образцов в интервале температур  $1.7-4.2^{\circ}$  К. Найдено, что форма поверхности Ферми и эффективные массы электронов остаются постоянными при концентрациях примеси c < 0.04%; при этом концентрация электронов и граничная энергия Ферми уменьшаются с ростом c. При  $c \sim 0.1\%$  зависимость магнитной восприимчивости от c может быть объяснена влиянием дырок. Л. Д. Ланда у сказал, что работа представляет большой прогресс в исследовании электронной структуры висмута, которая приобретает более отчетливые очертания.
- 10. Å. Бычков (ИФП АН СССР) сообщил о теоретическом исследовании влияния примесей на квантовые осцилияции магнитной восприимчивости металлов с квадратичным законом дисперсии. Проблема столкновений электронов с примесями рассмотрена методами квантовой электродинамики. Получены результаты, близкие к результатам Дингла, качественно исследовавшего вопрос об амплитуде осцилляций де Хааза ван-Альфена с учетом размытости уровней, связанной с влиянием времени свободного пробега электронов. Вместе с тем в формулу Дингла внесены существенные уточнения. Как отметил И. М. Лифшиц, главное значение работы состоит в демонстрации того, как много может дать для исследования электронной структуры металлов применение методов квантовой теории поля.

### IV. НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ МАГНЕТИЗМ

По магнетизму заслушано девять докладов.

Е. Г. Гусейнов (Институт физики АН Азербайджанской ССР, г. Баку), В Е. Найши Е. А. Туров (Институт физики металлов АН СССР, г. Свердловск) выступили с теоретическим докладом, посвященным особенностям магнитных свойств ферромагиетиков с неколлинеарным расположением магнитных моментов подрешеток. На основе развитой теории рассматриваются магнитные свойства ортоферритов (редкоземельные ферриты со структурой перовскита) и МпР. С. В. Во н с о вский отметил, что работа дает возможность измерить ряд констант теории. В дискуссии приняли участие также Н. Е. Алексеевский и Г. А. Смоленский.

А. С. Боровик-Романови В. И. Ожогин (ИФП АН СССР) исследовали магнетизм монокристалла  $CoCO_3$  при температурах 1,3— $300^\circ$  К. Ниже  $T_{\rm V}$ = $48,1^\circ$  К установлено антиферромагнитное упорядочение со слабым ферромагнетизмом.  $CoCO_3$  характеризуется очень большой анизотропией парамагнитной восприимчивости, значительным спонтанным ферромагнитным моментом и острым максимумом  $\chi_{\perp}$  в области  $T_{\rm N}$ . Теоретически показана возможность появления антиферромагнитного упорядочения при  $T < T_{\rm N}$  в результате наложения поля для веществ, симметрия которых допускает существование спонтанного ферромагнитного момента при таком упорядочении. Полученные результаты сопоставлены также с выводами, которые можно сделать на основании теории спиновых волн. В дискуссии приняли участие Л. Л. Л а на и м. И. Каганов. Г. А. Смоленск ий.

дау, М. И. Каганов, Г. А. Смоленский.

Н. М. Крейнес (ИФП АН СССР) рассказала об исследовании слабого ферромагнетизма в безводных сульфатах элементов переходной группы CoSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>. Обпаружена сильная зависимость от поля температуры перехода в антиферромагнитное состояние (этот эффект наблюдается вдоль оси, для которой при более низких температурах наблюдается переход в ферромагнитное состояние при наложении достаточно сильного поля). Проведен теоретический анализ, позволивший дать качественное объяснение основных обнаруженных аномалий. В дискуссии выступили А. С. Боровик-Романов. Е. А. Туров. Н. Е. Алексевский отметил, что успех в этих работах зависит от возможности получения монокристаллов ферритов

и антиферромагнетиков.

Д. И. А с т р о в (ВНИИФТРИ, г. Москва) сообщил об обнаружении нового интересного явления — магнитоэлектрического эффекта, состоящего в появлении магнитного момента при наложении на вещество электрического поля. Автор сообщил, что это явление было предсказано Л. Д. Л а н д а у и Е. М. Л и ф ш и ц е м, а И. Е. Д з я л о ш и н с к и й пришел к заключению, что эффект должен иметь место в  $\mathrm{Cr_2O_3}$ . Действительно, при помещении монокристалла  $\mathrm{Cr_2O_3}$  в синусопдальное электрическое поле  $E_{\mathrm{II}}$ , параллельное оси  $c_3$ , возникал магнитный момент  $M_{\mathrm{II}} \approx -2.5 \times \times 10^{-4} E_{\mathrm{II}}$  (при  $20^{\circ}$  С). В базисной плоскости отношение M/E на порядок меньше. Эффект исчезает в точке антиферромагнитного перехода  $T_N$ , а при  $T < T_N$  имеет температурную зависимость, характерную для намагниченности ферромагнетиков. В дискуссии, посвященной в основном обсуждению механизма появления магнитного момента, приняли участие Л. Д. Ла н д а у, Н. Е. А л е к с е е в с к и й, Г. А. С м о л е н с к и й, А. С. Б о р о в и к-Р о м а н о в.

А. И. Ахиезер, В. Г. Барьяхтар и С. В. Малеев (ФТИ АН УССР) развили теорию упругого и неупругого рассеяния медленных нейтронов в ферритах и антиферромагнетиках. Сечение упругого рассеяния определяется (помимо фактора Дебая — Валлера) магнитными моментами подрешетки, а неупругого — испусканием и поглощением магнонов. Изучение неупругого рассеяния должно позволить восстановить закон дисперсии спиновых волн. Дискуссия была посвящена рассмотрению возможности отличить эффект, вызваний спиновыми волнами, от рассеяния с участием фононов (А. С. Боровик-Романов.

восстановить закон дисперсии спиновых воли. Дискуссии обыва посвищена расслогрению возможности отличить эффект, вызванный спиновыми волнами, от рассения с участием фононов (А. С. Боровик-Романов, Л. Д. Ландау и др.). А. И. Ахиезер, В. Г. Барьяхтар, Г. И. Урушадзе, С. В. Пелет мииский (ФТИ АН УССР) рассказали о работах по теории релаксационных явлений в ферри- и антиферромагнетиках. Рассмотрение проводилось в рамках феноменологической теории спиновых волн. Определены времена релаксации магнитных моментов. В дискуссии выступили Е. А. Туров и М. И. Каганов, который отметил необходимость экспериментального изучения нерезонансного поглощения высокочастотной энергии в твердых телах для определения различных механизмов взаимодействия.

Р. Т. М и н а (ИФП АН СССР) сообщил об измерениях релаксационного поглощения электромагнитной энергии в антиферромагнетике  $CoCl_2$ . Исследования велись на монокристаллах  $CoCl_2$  на частоте 37 300 Mги. Поглощение наблюдается в определенной области температур (вблизи  $T_N$ ) и полей и имеет анизотропный характер. Аналогичное поглощение наблюдается в  $CoBr_2$ . Явление, по-видимому, сходно с релаксационным поглощением звука в жидком гелии и в сегнетоэлектриках вблизи температуры фазового перехода второго рода. Соображения о возможном механизме поглощения высказали Н. Е. Алексеевский, А. С. Боровик-Романов, Е. А. Туров, М. И. Каганов, Г. А. Смоленский. Ю. А. Изюмов и Е. А. Туров (Институт физики металлов АН СССР,

г. Свердловск) рассказали о теоретическом исследовании вопроса о ширине линии ферромагнитного резонанса в металлах. Рассмотрено взаимодействие возбуждаемых при резонансе колебаний намагниченности с электронами проводимости и его влияние на положение и ширину линии резонансного поглощения в предельных случаях нормаль-

ного и крайнего аномального скин-эффекта. Л. Й. Буишвили, Г. Р. Хуцишвили и О. Д. Чейшвили (Институт физики АН Грузинской ССР, г. Тбилиси) была изложена теория магнитной релаксации в ферромагнитном металле, рассматриваемом как совокупность магнитных ионов (d-спины) и электронов проводимости (s-спины), при наличии s-d-взаимодействия. В общем случае решение характеризуется двумя релаксациями; сначала быстро устанавливается равновесие по s-d-взаимодействию, а затем, более медленно, полное равновесие у

## V. РАЗНЫЕ ВОПРОСЫ (ЯДЕРНЫЙ РЕЗОНАНС, СПЕКТРОСКОПИЯ, ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И ДР.)

И. М. Лифпиц (ФТИ АН УССР) рассказал о дальнейших теоретических исследованиях кинетики появления упорядоченной фазы из исходной неупорядоченной при переходе второго рода. В этом случае релаксация осуществляется своеобразным механизмом, отличным как от гомогенного (с непрерывным переходом от начального к конечному состоянию), так и от зародышевого (характерного для переходов первого рода). В начале процесса возникает паутинообразное переплетение упорядоченных областей разного рода, заполняющее весь кристалл. Границы между областями движутся таким образом, что паутина «разбухает» и средние линейные размеры растут по закону  $R \sim V \bar{t}$  (t — время). Это движение границ связано исключительно с уменьшением их поверхностной энергии. В случае упорядочения закаленного объемноцентрированного сплава существуют две эквивалентные позиции упорядочения. В других случаях (например, для ряда антиферромагнетиков) таких позиций может быть более четырех; при этом границы уже не могут перемещаться, и возникает доменная структура с «жесткими» соединениями областей. В этом случае только внешние воздействия (давление, магнитное поле) могут привести к движению границ. Таким образом, доменная структура в антиферромагнетиках «метастабильна»; она связана с кинетикой, в отличие от доменной структуры ферромагнетиков, стабильной в термодинамическом смысле. Доклад вызвал оживленную дискуссию. В. С. Кога н сообщил о том, что кинетика упорядочения сплава Fe<sub>3</sub>Al, отжигаемого при 300° C, по рентгенографическим данным соответствует картине И. М. Лифшица. А. С. Боровик-Ром а нов указал, что домены наблюдаются в антиферромагнитных карбонатах, где существует шесть подрешеток, и отсутствуют во фторидах, в соответствии с предсказанием теории. И. В. Обреимов, подчеркнув большое значение работы И. М. Лифшица, отметил успех, который принесло использование топологии в ряде

важных проблем современной физики.
В. С. Коган (ФТИ АН УССР) сообщил о результатах рентгеноструктурного (выполненного совместно с Р. Ф. Булатовой и Б. Г. Лазаревым, тот же институт) и нейтронографического [проведенного совместно с Б.Г. Лазаревым (УФТИ), Г.С. Ждановым и Р. П. Озеровым (Физико-химический ин-т, г. Москва)] исследований структур твердых H<sub>2</sub> и D<sub>2</sub>. Нейтронографические исследования производились в специальном криостате с контейнером из Ti—Zr-сплава и In-уплотнением, при температуре 11—12° К.  $m \dot{V}$ становлено, что  $m H_2$  и  $m D_2$  имеют объемно-центрированную тетрагональную решетку  $(a=4,5 \text{ Å}, c/a=1,73 \text{ для } \text{H}_2, 3,35 \text{ Å и } 1,73 — для <math>\text{D}_2$ ). Нейтронографические исследования позволили установить, что молекулы орто- и параводорода (орто- и парадейтерия) в решетке твердого  $H_2(D_2)$  находятся в упорядоченном состоянии, например, располагаясь в вершинах и в центре элементарных тетрагональных призм. В некоторых случаях структура оказывалась более сложной: упорядочение орто- и парамолекул происходит в объеме, большем одной элементарной ячейки. В последнее время исследован твердый водородо-дейтерий HD; он имеет ту же структуру, что  $H_2$  и  $D_2$ . Изучена также структура изотопов неона ( $Ne^{20}$  и  $Ne^{22}$ ) при  $4.2^{\circ}$  К. Неон имеет гранедентрированную кубическую решетку. Атомные объемы обоих изотопов отличаются на ~10%, что является результатом влияния нулевых колебаний решетки. В дискуссии приняли участие В. П. Пешков, С. В. Вонсовский, П. Л. Капица, участие в. .. И. М. Лифшиц.

В докладе И. А. Гиндина, Б. Г. Лазарева и Я. Д. Стародубова (ФТИ АН УССР) были сообщены результаты исследования механических свойств лития в связи с его низкотемпературными полиморфными превращениями. Этот металл, с объемно-центрированной кубической решеткой при комнатной темпе-

ратуре, охлаждением ниже 84° К частично превращается в гексагональный плотноупакованный, а пластической деформацией при 140° K и ниже может быть переведен в гранецентрированную кубическую модификацию. Механические свойства Li (чистоты 99,3%) при растяжении, а также его микроструктура изучались в широком интервале температур 1,5-300° К. Обнаружен ряд особенностей, связанных с наличием ряда модификаций в деформируемом образце: рост пластичности с понижением температуры, скачок микротвердости при 74° К и т. д. В дискуссии, касавшейся главным образом вопроса о возможности получения чистых низкотемпературных фаз, приняли участие П. Л. Капица, Н. Е. Алексеевский, Н. В. Заварицкий, П. Л. Капица, Н. Е. Алексеевский, Н. В. Заварицкий, М. С. Свирский. Доклад О. Н. Трапезниковой и И. А. Сагава (ЛГУ), посвя-

щенный исследованию теплоемкости цепных структур при низких температурах, был зачитан О. Н. Трапезниковой. В дискуссии выступил И. М. Лифипиц, который указал возможные причины различия этих результатов с теоретическими предсказа-

ниями для кристаллов.

Ю. С. Каримов и И. Ф. Щеголев (ИФП АН СССР) сообщили об исследовании протонного резонанса на свободном радикале дифенилникрилгид-разила в области температур 1,5—300° К и полей 500—3000 э. При низких температурах наблюдается расщепление протонной линии на четыре компоненты. Эти четыре линии не удается сопоставить с различными группами протонов, имеющимися в

Наибольшую, трудность представляет объяснение одной из этих линий, остающейся на месте несмещенной протонной липии и сосредоточивающей иногда 65—80% всей интенсивности. В дискуссии приняли участие И. В. Обреимов, Б. Н. Са-

мойлов и др.

Д. А. Кичигин (ИРЭ АН УССР) изложил результаты исследования электронного резонанса на углях (антрацит и др.), адсорбирующих кислород. Последний связывается со свободными радикалами угля, что и приводит к изменению магнитной восприимчивости и вида резопансного спектра. Резонансный пик полностью пропадает при концентрации О2 около 1%. На основе полученных данных автором был построен

анализатор примеси воздуха в газообразных гелии и водороде. А. А. Галкин и И. В. Матяш (ФТИАН УССР, ИРЭАН УССР, г. Харьков) рассказали об исследованиях ядерного магнитного резопанса на адсорбированном водороде. Измерения велись методом сиинового эхо на частоте 14 Мгц. Водород адсорбировался на древесном угле или силикагеле. Измерены времена спин-спиновой и решеточной релаксации, оценены коэффициент диффузии и энергия активации. Найдено, что адсорбированный водород находится в сильно связанном состоянии (особенно

на угле), диффузия сильно ограничена. Доклад Н. Г. Колосковой и У. Х. Копвиллема (Казанский ун-т) был посвящен теоретическому исследованию ультразвуковой ядерной индукции при низких температурах. Явление ядерного резонанса на ультразвуке было предсказано Альтшулером. Авторами показано, что импульсная ультразвуковая волна, возбуждая систему ядерных спинов, приводит к появлению электромагнитного сигнала, который может быть обнаружен методом спинового эхо. Экспериментальное исследование этого эффекта может дать значение матричного элемента  $\langle k|H|k
angle$  спин-решеточного взаимодействия. По расчетам авторов эффект может наблюдаться на ядре  $\mathrm{Br^{79}}$  в кристалле KBr при 1,4° K в поле  $\sim$  10 кэ. В дискуссии приняли участие И.В. О б-

реимов, Н. Е. Алексеевский. Д. Х. Амирханова рассказала о двух работах по гальваномагнитным и термомагнитным эффектам в полупроводниках при низких температурах. Обе работы выполнены в Институте физики Дагестанского филиала АН СССР (г. Махачкала). Д. Х. Амирханова и Р. И. Баширов, исследуя n-InSb при 20—120° K, обнаружили влияние квантования энергетического спектра электронов в магнитном поле. В p-InSb влияние квантования энергетического спектра электронов в магнитном поле. В p-1155 и GaSb при  $T < 100^\circ$  K в ряде эффектов по заключению авторов обнаружено фононное увлечение (эффект Гуревича). В p-115 обнаружены два типа дырок (легкие и тяжелые). Х. И. Амирханов, Р. И. Баширов и Ю. Д. Закиев исследовали изменение сопротивления и эффект Холла в n-115 при 77° K. Измерения велись в импульсных полях H папряженностью (по оценке авторов) до 600 000 s. Постоянная Холла не зависит

от *H* при *H*>150 000 г. А. В. Когап, А. В. Коган, В. Д. Кульков, Л. П. Никитин, Н. М. Рей-пов, И. А. Соколов и М. Ф. Стельмах (ФТИ АН СССР, г. Ленинград) сообщили о проведенных ими исследованиях излучений от ядер, ориентированных при сверхнизких температурах. Измерена анизотропия  $\gamma$ -излучения  $\mathrm{Sc^{46},\ V^{48},\ Au^{199}};$   $\mathrm{Tb^{160},\ Ir^{192}}.$  Поскольку ориентирование производилось внешним полем, охлажделие достигалось косвенным путем (от другого вещества). Температура определялась по анизотропци  $\gamma$ -излучения Со $^{60}$ . По полученным данным произведены оценки внутренних полей, ядерных магнитных моментов, уточнена схема распада Ir 122. В дискус-сип приняли участие Н. Е. Алексеевский, Б. Н. Самойлов.

Л. П. Зверев, М. М. Носков и М. Я. Шур (Уральский гос. ун-т, г. Свердловск) выступили с докладом о контуре экситонных полос поглощения в закиси меди. Измерения велись на поликристаллических образцах толщиной 9-110 мк при температурах 20—190° К. Форма контура второй полосы желтой экситонной серии и температурная зависимость его полуширины хорошо согласуются с теорией нелокализованного экситона Тойозава. В частности, найдено, что полуширина ниже 55° К не зависит от температуры; это связывается авторами с взаимодействием между экситонами и нулевыми колебаниями решетки.

Как сообщили в своем докладе В. В. Е ременко и Л. И. Чуйко (Институт физики АН УССР, г. Киев), ими исследовано изменение спектра поглощения  $Cu_2O$  при одноосном сжатии ( $T=20^\circ$  К). Известно, что в этом спектре поглощения обнаруживаются две «водородоподобные» серии полос, — факт, не получивший пока определенного объяснения. Авторами обнаружено, что при сжатии полосы смещаются, причем только для более коротковолновой серии интервалы между полосами сужаются (возрастание эффективной массы носителей). Отсюда делается вывод, что две серии обусловлены сложной электронной структурой, а не комбинацией экситонных пере-ходов с колебаниями решетки. В прениях по двум последним докладам выступили

И. В. Обреимов, А. Ф. Приходько, И. М. Лифшиц и др. В докладе Е. С. Боровика и А. Г. Лимаря (ФТИ АН УССР) было рассказано о получении импульсных магнитных полей до  $H_{\max} = 200~000 \div 300~000~\rho$  в катушках, охлажденных жидким водородом. Понижение исходной температуры позволяет в несколько раз увеличить допустимое значение  $H_{\max}^2$   $\tau$  ( $\tau$ — длительность импульса до максимума). Поля в 100 000—150 000  $\mathfrak g$  получались с  $\tau \sim 0.2-0.1$  сек. Импульсы тока создавались разрядом конденсатора. Указано, что алюминий как материал для обмоток, но-видимому, будет обладать преимуществами перед использовавшейся медью в связи с меньшим возрастанием сопротивления в поле. В дискуссии

приняли участие Н. Е. Алексеевский, И. В. Обреимов.

Е. С. Боровиком было рассказано еще о трех работах, выполненных в ФТИ АН УССР и относящихся к технике низких температур. Докладчиком, Б. Г. Лазаревым и И. Ф. Михайловым разработан высоковакуумный водородный конденсанасос. Жидкий водород производится ожижителем, встроенным в насос. Откачиваемый газ конденсируется на поверхности, охлажденной до  $20^{\circ}$  К. Производительность насоса  $40\,000$  литров в секунду, предельный вакуум 10-8-10-9 мм рт. ст. Б. Г. Лазаревым и М. Ф. Федоровой созданы новые типы низкотемпературных высоковакуумных адсорбционных насосов, в которых откачиваемый газ конденсируется на угле, охлаждаемом жидким азотом или (для откачки водорода) жидким водородом. Производительность этих насосов достигает десятков и сотен литров в секунду, предельный вакуум (при водородном охлаждении) до 10<sup>-8</sup> мм рт. ст. Б. Н. Есельсоном и А. Д. Швецом адсорбционный угольный насос применен для получения температур ниже 1° К методом откачки пара гелиевой ванны. Насос располагается непосредственно в криостате и хотя его производительность оценивается всего в 1  $a/ce\,\kappa$ , он заменяет собой диффузионный насос мощностью в 300  $a/ce\,\kappa$ , расположенный снаружи криостата. Прибор предварительно охлаждается до  $T\sim 1.5^\circ$  K, затем присоединяется угольный насос и через 10—15 минут температура ванны гелия понижается до 0,7° К. В случае использования ванны Не<sup>3</sup> этим методом, по оценке авторов, может быть получена температура в 0,4° К. Выступившие в дискуссии Н. Е. Алексеевский и И. В. Обреимов отметили большое практическое значение работ этого направления.

И. Н. Михайлов (ИФП АН СССР) рассказал о разработанных им и А. Я. Кагановским угольных термометрах сопротивления для низких температур. Термометры получаются в результате частичной графитизации смеси кокса и нефтяного нека (75:25) при высокотемпературном обжиге. Обжиг велся при давлении 10 Тонн  $c.м^{-2}$  ( $T_{\text{обжига}} = 790 \div 810^{\circ}$  С). Могут быть получены термометры, пригодные для работы в гелиевой и в водородной областях температур. Градуировка термометров осуществляется по трем точкам. 100-кратное охлаждение до температуры жидкого азота с отогревами до компатной температуры сместило градуировку всего на 0,01°. Термометры малоннерционны. Свойства термометров удается описать, исходя из предположения, что это полупроводники с собственной проводимостью, так что их сопротивление  $R \sim \exp(Q/kT)$ . Выяснен характер зависимости энергии активации Qот условий термообработки. Около 100 таких термометров передано разным лабораториям. Б. Г. Лазарев сообщил о том, что в УФТИ используется большое количество таких термометров. Это очень хорошие термометры, не уступающие в чувствительности и воспроизводимости лучшим образцам термометров такого типа. В прениях выступили также И. Г. Факидов, Б. Н. Самойлов, А. И. Судовцов.

Академик И. В. Обреимов подвел итоги совещания и от имени участников совещания выразил благодарность сотрудникам ФТИ АН УССР и всем лицам, способствовавшим его успеху. Следующее, 8-е совещание, состоится летом 1961 г.