

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ**5-е ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

В последние годы наблюдается бурное развитие исследований в области физики низких температур. В работу включаются все новые институты и лаборатории, растет число научных публикаций. Это обусловлено как большими успехами теоретического исследования в этой области—здесь в первую очередь нужно назвать создание в 1957 г. последовательной микроскопической теории сверхпроводимости,—так и открывшимися перспективами важных практических приложений физики низких температур. В связи с этим все возрастает значение всесоюзных совещаний, ежегодно организуемой Академией наук с целью координации исследований по проблеме физики низких температур, выполняемых в СССР.

27 октября—1 ноября 1958 г. в г. Тбилиси состоялось 5-е Всесоюзное совещание по физике низких температур. Совещание было проведено совместно Отделением физико-математических наук Академии наук СССР, Академией наук Грузинской ССР и Тбилисским государственным университетом им. Сталина. В работе совещания приняли участие до 300 специалистов из Тбилиси, Москвы, Харькова, Киева, Ленинграда, Свердловска и др. городов. Было заслушано около 50 докладов. Работа совещания охватила все основные разделы физики низких температур; отдельные заседания были посвящены жидкому гелию, сверхпроводимости, гальваноматнитным явлениям, магнетизму. Основной упор, как и на предыдущих совещаниях, был сделан на дискуссию. Обсуждение большинства докладов было очень оживленным. Помимо пленарных заседаний совещания, было организовано несколько симпозиумов, в которых приняли участие люди, специально интересующиеся тем или иным узким вопросом. Все участники совещания отметили хорошую организацию настоящего совещания. Каждому из них была предоставлена возможность подробно ознакомиться с криогенной лабораторией университета, с отделами и лабораториями Института физики АН Грузинской ССР, с достопримечательностями Тбилиси—одного из древнейших и прекраснейших городов нашей страны. В работе совещания, помимо советских физиков, принял активное участие ряд молодых ученых из Китая, в настоящее время работающих в научных учреждениях Советского Союза.

1. ЖИДКИЙ ГЕЛИЙ

По проблеме сверхтекучести и свойств жидкого гелия было заслушано семь докладов. В последние 2—3 года в области жидкого гелия было получено немало существенно новых результатов. Наиболее интересные из их относятся к свойствам сверхтекучего гелия (гелия II) при вращении. Выяснилась большая роль местных нарушений сверхтекучести во вращающемся гелии II, а также в условиях течения гелия II с большими («закрыческими») скоростями. Эти нарушения принимают форму предсказанных Онсагером и Фейнманом вихревых нитей с циркуляцией скорости движения сверхтекучей компоненты, кратной h/m (где h — постоянная Планка, m — масса атома гелия). Вихревые нити, взаимодействуя с ротонными и фононными возбуждениями, вызывают диссипацию механической энергии в движущемся гелии II, что проявляется, например, в сильном затухании второго звука во вращающемся гелии. Недавно Вайненом в Кембридже было экспериментально показано, что минимальная величина циркуляции сверхтекучего гелия II вокруг вихревой нити действительно равна h/m ; тем самым опытным путем было установлено существование квантового эффекта нового вида—квантования макроскопического вращательного движения жидкости.

Исследованиям вращающегося гелия II были посвящены доклады, с которыми выступили «хозяева» совещания—сотрудники лаборатории низких температур ТГУ.

Руководитель лаборатории Э. И. Андроникашвили и его сотрудники Д. С. Цакадзе, Ю. Г. Мамаладзе и С. Г. Матинян исследовали затухание вращательных колебаний одиночного диска, колеблющегося во вращающемся гелии II, в зависимости от скорости вращения. Оказалось, что при малых скоростях вращение не сказывается на затухании диска. Когда скорость вращения увеличивается до значений, превышающих некоторое критическое, декремент затухания начинает быстро возрастать, затем достигает максимума и при больших скоростях вращения снова уменьшается. Этому явлению было предложено объяснение на основе представлений о вихревых нитях. Эти же авторы наблюдали периодическую зависимость затухания от высоты уровня жидкого гелия над диском — от длины вихревых нитей. Г. А. Гамцемлидзе исследовал влияние состояния поверхности диска на критическую скорость и на затухание его колебаний в закритической области. Оказалось, что критическая скорость очень сильно уменьшается с ростом шероховатости поверхности. Это заставляет предположить, что получаемые различными экспериментаторами значения критических скоростей, по-видимому, являются сильно заниженными.

В. П. Пешков (ИФП АН СССР) рассказал о дальнейших исследованиях открытого им явления границы между сверхтекучим и несверхтекучим гелием при тепловом потоке. Эта граница характеризуется значительным скачком плотности ($\sim 1\%$) и температуры (до $0,3^\circ\text{K}$). Автором были сообщены результаты исследования влияния размеров прибора и его наклона на явление. Был продемонстрирован кинофильм, показывающий перемещения границы при изменениях величины теплового потока. Автором были высказаны соображения относительно природы этого явления.

В работах Гуан Вей-яня и К. Н. Зиновьевой и В. П. Пешкова использовались сверхнизкие температуры (до $\sim 0,5^\circ\text{K}$), получавшиеся методом откачки паров He^3 , разработанным в ИФП. При помощи обычного гелия (He^4), как известно, легко получают лишь температуры выше 1°K . Поэтому получение достаточных количеств He^3 , например в качестве возможного отхода управляемой термондерной реакции, открыло бы для лирического научного исследования очень важную область температур ниже 1°K . Сейчас число лабораторий, пользующихся этой возможностью, во всем мире насчитывается единицами. Гуан Вей-янь исследовал в широком интервале температур $0,57\text{—}2,07^\circ\text{K}$ открытое П. Л. Капицей в 1941 г. явление температурного скачка на границе твердого тела (в данном случае меди) с гелием II. Он установил, что предсказанный теоретически для теплового сопротивления закон T^3 не выполняется: сопротивление меняется с температурой как T^n , где $n = 2,6 \pm 0,1$. В. П. Пешков связывает это расхождение с влиянием электронной части теплопроводности и теплоемкости металла; с его точки зрения закон T^3 должен строго выполняться только для диэлектриков. Гуан Вей-янем было также найдено, что лишь достаточно большие давления влияют на величину скачка; это заставило его прийти к заключению, что тонкий слой гелия II, прилегающий к поверхности меди, находится под некоторым эффективным давлением (~ 15 атмосфер). К. Н. Зиновьевой и В. П. Пешковым уточнена фазовая диаграмма расслоения растворов He^3 ($20\text{—}89\%$) в жидком He^4 и установлена линия λ -переходов. Найдено, что λ -линия подходит к кривой расслоения при $0,67^\circ\text{K}$ ($82\%\text{ He}^3$); при более высоких температурах обе фазы расслоившейся смеси являются сверхтекучими.

Были заслушаны два доклада по теории жидкого гелия. В. Л. Гинзбург (ФИАН) рассказал о построенной им и Л. П. Питаевским феноменологической теории гелия II вблизи λ -точки с учетом квантовых эффектов. В теории предполагается, что плотность сверхтекучей компоненты обращается в нуль на границе твердого тела (это следует из отсутствия эффекта «сухого трения» между гелием и твердой стенкой) и лишь на некотором расстоянии от нее, определяемом характерной длиной, достигает величины, соответствующей гелию II в бесконечном объеме. Получены выражения для этой характерной длины, а также для получающейся из теории поверхностной энергии границы гелия II с твердой стенкой. Эта энергия должна проявиться в аномальной теплоемкости гелия II в тонких слоях, а также (как отмечалось в дискуссии) в появлении резко меняющейся вблизи λ -точки добавки к силе ван-дерваальсова притяжения двух сближенных твердых поверхностей. Авторами получены также некоторые выводы относительно вихревых нитей в гелии II. Б. Т. Гейликман (ИАЭ АН СССР) в кратком сообщении рассказал о своей работе по теории фазового перехода в жидком He^4 . П. М. Лифшиц и Д. Г. Санжидзе (ХФТИ АН УССР) рассмотрели на основе теории ферми-жидкости Ландау плавление твердого He^3 и нашли, что давление плавления как функция температуры имеет минимум ($P_0 = 230$ атмосфер) при температуре около $0,5^\circ\text{K}$ (эффект Померанчука). Ими рассмотрен также ряд вопросов, относящихся к диаграмме равновесия жидких и твердых фаз в системе $\text{He}^3\text{—He}^4$.

Резюмируя дискуссию, П. Л. Капица подчеркнул, что основными проблемами физики жидкого гелия остаются вращение гелия II и критические скорости.

II. СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

По сверхпроводимости было заслушано 13 докладов; два из них были посвящены экспериментальным работам, остальные—теоретическим.

Явление сверхпроводимости, открытое Камерлинг-Оннесом еще в 1911 г., в течение десятиков лет не находило своего объяснения. Лишь совсем недавно было установлено, что это явление не стоит особняком, а последовательно выводится из современной теории металлов.

В новой теории сверхпроводимости связывается с «феноменом Купера»—объединением электронов в пары при низких температурах. Эти пары представляют собой как бы заряженные частицы с целым (а не полуцелым) спином; система подобных частиц, как было известно из теории жидкого гелия, обладает сверхтекучестью ниже «температуры конденсации». Таким образом можно сказать, что сверхпроводимость представляет собой сверхтекучесть электронной жидкости. Каждый сверхпроводник характеризуется энергией связи электронной пары при абсолютном нуле (эта энергия пропорциональна критической температуре), а также «корреляционной длиной», характеризующей «размер» пары *).

Эти работы вызвали появление большого числа новых работ, развивающих далее теорию сверхпроводимости. По-видимому, в ближайшие годы можно ожидать, что физические исследования в области сверхпроводимости из «самоцели» превратятся в одно из средств изучения электронной структуры металлов и сплавов (в частности, можно отметить, что из величин критической температуры сразу получается скорость движения электронов на поверхности Ферми). Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что в настоящем виде микроскопическая теория сверхпроводимости является еще довольно грубой. Это как бы теория идеального сверхпроводника, не учитывающая кристаллической решетки, которой обладает реальный металл, с ее анизотропией, свойствами симметрии и т. д. Теория еще не может объяснить, почему является или не является сверхпроводником тот или иной конкретный элемент, сплав или соединение. Она не в состоянии также ответить на вопрос, возможна ли сверхпроводимость при значительно более высоких температурах, чем «предел», достигнутый сегодня (18° K).

Экспериментальным исследованиям сверхпроводимости были посвящены доклады Ю. В. Шарвина и В. Ф. Гантмахера (ИФП) и П. В. Заварицкого (ИФП). Первые авторы исследовали структуру промежуточного состояния в монокристаллах чистого олова, наблюдая картины, которые дает оседающий на плоской поверхности образца ферромагнитный порошок. Получено убедительное доказательство анизотропии величины поверхностной энергии границы сверхпроводящей и нормальной фаз. Эта анизотропия проявляется в том, что при низких температурах зерна сверхпроводящей фазы, имеющие удлиненную форму, располагаются преимущественно вдоль определенных кристаллографических направлений (например, вдоль тетрагональной оси, если она лежит в исследуемой плоскости). Анизотропия исчезает вблизи критической температуры.

Н. В. Заварицким были проведены измерения теплопроводности различным образом ориентированных цилиндрических образцов галлия при температурах $0,1$ — $4,2^{\circ}$ K. Основываясь на полученных результатах, автор подсчитал, что величина энергетической щели (при абсолютном нуле) для разных кристаллографических направлений может различаться в полтора-два раза.

А. А. Абрикосовым, Л. П. Горьковыми и П. М. Халатниковым (ИФП) было теоретически рассмотрено поведение сверхпроводника в поле высокой частоты. Эффект Мейснера (непроникновение магнитного поля в сверхпроводник) требует линейной связи между плотностью тока и вектор-потенциалом поля. В микроскопической теории эта связь имеет место, но носит нелокальный характер: значение тока в данной точке определяется значением вектор-потенциала не только в этой точке, но в некоторой области. Входящие в эту зависимость коэффициенты у Бардина и др. считались не зависящими от частоты. Авторы обобщили соответствующие соотношения на случай переменного тока и обнаружили, что характер связи тока и вектор-потенциала при этом меняется и существенно зависит от частоты. Получены выражения для поверхностного импеданса сверхпроводника для случая абсолютного нуля и для конечных температур. Эти выражения конкретизированы для пипардовских сверхпроводников (с большим «размером» электронных пар) в различных предельных условиях. Результаты расчета хорошо согласуются с данными М. С. Хайкина по кадмию. А. А. Абрикосов и Л. П. Горьков развили, также на основе микроскопической теории, электродинамику «грязного» сверхпроводника (сплава), в котором средняя длина пробега электрона очень мала. Найдено выражение для глубины проникновения магнитного поля в сверхпроводящий сплав при абсолютном нуле и при температурах, отличных от нуля. В. Л. Гинзбург и Г. Ф. Жарков (ФАН) высказали

*) Краткий обзор микроскопической теории сверхпроводимости можно найти в Вестнике АН СССР, более подробный—в УФН.

ряд соображений о микроскопической теории и задачах, еще подлежащих расчету. В частности было отмечено, что пока в теории не получено никаких результатов для случая сильных магнитных полей (сравнимых с критическим полем). Был рассмотрен также вопрос о границах применимости феноменологической теории сверхпроводимости Гинзбурга—Ландау. Авторы сообщили о результатах расчета восприимчивости критических полей для тонких сверхпроводящих пленок. В. Л. Гинзбургом было отмечено интересное следствие из предположения о роли флуктуаций при фазовых переходах второго рода. Величина флуктуаций термодинамического потенциала оказывается пропорциональной массе m частиц. В случае переходов в электронной системе (сверхпроводящий переход, ферромагнитная точка Кюри), когда m равно или близко к массе электрона, флуктуации резко подавлены по сравнению со случаем жидкого гелия (m —масса атома). Поэтому связанные с флуктуациями явления типа λ -образного роста теплоемкости принципиально должны наблюдаться в обоих случаях, но в случае сверхпроводника их можно ожидать лишь в очень узкой области ($\sim 10^{-4}$ — 10^{-5} градуса) около критической температуры.

П. М. Лифшиц (ХФТИ) указал, что из современной теории сверхпроводимости при учете анизотропии металла следует принципиальная возможность существования сверхпроводников, обладающих сверхпроводимостью лишь в ограниченном температурном интервале (а не при всех температурах ниже критической). Б. Т. Гейлиман и В. Э. Кресин (ИАЭ) рассмотрели на основе микроскопической теории электронную и фононную теплопроводность сверхпроводников при температурах, не очень близких к абсолютному нулю. Результаты расчета удовлетворительно согласуются с опытом. Этими же авторами дана теория парамагнетизма сверхпроводников, проявляющегося в смещении линии электронного магнитного резонанса. Был зачитан также доклад М. В. Буйкова и Л. Э. Гуревича (ФТИ АН СССР), посвященный поверхностной энергии на границе сверхпроводящей и нормальной фаз.

С рядом докладов на совещании выступили представители школы Н. Н. Боголюбова. Д. Н. Зубаревым и Ю. А. Церковниковым (Математический институт АН СССР) была рассмотрена термодинамика сверхпроводящего состояния в модели Фрелиха. Найдены выражения для термодинамических функций сверхпроводника и для скачка теплоемкости при переходе через критическую температуру. В. В. Толмачевым (МИАН) на основе метода, предложенного Н. Н. Боголюбовым, был рассмотрен вопрос о коллективных возбуждениях в сверхпроводнике. При больших значениях импульса эти возбуждения переходят в обычные плазменные возбуждения. Эта работа дополняет обычную микроскопическую теорию, делая возможным объяснение калибровочной инвариантности эффекта Мейснера. Д. В. Ширковым (Объединенный институт ядерных исследований) был произведен учет кулоновского взаимодействия электронов сверхпроводника, роль которого оставалась совсем не освещенной в теории Бардина и др. Кулоновское взаимодействие является отталкивательным, поэтому оно препятствует образованию электронных пар и, следовательно, противодействует сверхпроводимости. В результате качественного анализа результатов расчета сделан вывод, что указанная роль кулоновского взаимодействия фактически оказывается значительно ослабленной.

Вопрос об учете кулоновского взаимодействия был рассмотрен также в работе Чень Чунь-сянь и Чжоу Си-шинь (МГУ), посвященной методу суммирования расходящихся диаграмм и его применениям в теории сверхпроводимости. Работа позволила уточнить качественные результаты, полученные ранее в известной монографии Н. Н. Боголюбова, В. В. Толмачева и Д. В. Ширкова. Чень Чунь-сянь сделал также доклад о новом варианте статистической теории возмущений. Установленная автором теорема открывает возможность применения для определения термодинамических функций квантовых систем различных методов рассмотрения динамической системы многих частиц. Предложенный метод применен к теории электронного газа высокой плотности.

III. ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

По этой проблеме было заслушано 10 докладов.

Доклады И. М. Лифшица и В. Д. Песчанского (ХФТИ, Харьковский университет) и Н. Е. Алексеевского с сотрудниками (ИФП), несомненно, принадлежат к числу центральных событий всей конференции. Они были посвящены теоретическому и экспериментальному исследованию изменения электрического сопротивления металлов в магнитном поле при низких температурах. Это явление было детально изучено еще в 1926 г. П. Л. Капицей, который исследовал изменение сопротивления поликристаллических образцов нескольких десятков металлов в полях напряженностью в несколько сотен тысяч эрстед. Было установлено, что этот эффект, особенно при низких температурах, имеет очень большую величину, на несколько порядков превышающую величину, которая предсказывается обычной электронной

теорией. Кроме того, было найдено, что в сильных полях сопротивление большинства металлов возрастает с полем по линейному закону, тогда как теория давала квадратичный закон либо насыщение в очень больших полях. Оказалось, что эти особенности явления представляют для теории весьма «крепкий орешек»: в течение тридцати лет им не удавалось найти объяснение. Лишь последними работами И. М. Лифшица, убедительно подтвержденными экспериментами, выполненными в лаборатории Н. Е. Алексеевского, намечается, наконец, возможность объяснения линейного закона Капицы.

И. М. Л и ф ш и ц е м и В. Д. П е с ч а н с к и м было показано, что определяющую роль для гальваномагнитных свойств того или иного металла играет конкретный вид граничной поверхности Ферми электронов проводимости. Эта поверхность, которая в случае идеального электронного газа изображается (в пространстве импульсов) сферой, в реальном металле деформируется в соответствии с требованиями симметрии, накладываемыми кристаллической структурой, и другими особенностями металла. Особенно значительное влияние на гальваномагнитные эффекты оказывает наличие у металла «открытых» поверхностей Ферми, при которых у электронов существуют открытые (неограниченные) траектории в импульсном пространстве. Рассматривая различные возможные типы топологии открытых поверхностей Ферми, авторы рассчитали величину гальваномагнитных эффектов в зависимости от поля и его кристаллографической ориентации для различных случаев. Основной результат состоит в том, что сам характер зависимости сопротивления от магнитного поля для одного и того же металла и даже для одного и того же образца может быть различным: при одних ориентациях поля может довольно быстро достигаться насыщение сопротивления с ростом поля, а при других — наблюдаться неограниченный рост по квадратичному закону. Такое поведение характерно для металлов с открытыми поверхностями Ферми и не имеет места для металлов с замкнутыми поверхностями. Авторами указано, что усреднение эффекта по ориентациям различных кристаллитов в поликристаллическом образце может привести к линейному возрастанию сопротивления образца (закон Капицы). Были намечены и некоторые другие возможности объяснения линейного закона. Значение работы заключается также и в том, что по определенным экспериментальным диаграммам зависимости гальваномагнитных характеристик от направления поля можно установить топологию поверхности Ферми. Новая работа подтвердила плодотворность геометрического подхода, ранее использовавшегося И. М. Лифшицем и его сотрудниками при исследовании влияния характера поверхности Ферми на другие свойства металлов.

Н. Е. А л е к с е е в с к и й рассказал об экспериментах, выполненных им совместно с Ю. П. Г а й д у к о в ы м. Им было исследовано изменение сопротивления в поперечном магнитном поле при гелиевых температурах целого ряда металлов — золота, меди, свинца, таллия, галлия, натрия, а также (Н. Е. Алексеевским совместно с Т. И. К о с т я н о й) висмута. Полученные ими результаты показали, что открытые поверхности Ферми представляют собой весьма распространенное явление. Авторами был сделан вывод, что у золота, меди, олова, свинца и, вероятно, таллия и галлия поверхности Ферми имеют открытые сечения, а в случаях висмута, натрия, индия и алюминия эти поверхности являются замкнутыми. Особенно подробные исследования были проведены на монокристаллическом цилиндрическом образце из очень чистого золота (отношение величин сопротивлений при $4,2^\circ \text{K}$ и 300°K $6 \cdot 10^{-4}$) с направлением оси, близким к кристаллографическому направлению бинарной оси. Возрастание сопротивления в сильных поперечных магнитных полях измерялось при 72 различных ориентациях поля относительно некоторого выбранного направления в поперечном сечении образца. Получены полярные диаграммы зависимости сопротивления от угла ориентации при некоторых значениях поля. Такие диаграммы имеют вид розеток с симметрично расположенными минимумами и максимумами. При измерениях сопротивления как функции поля в направлении максимума наблюдается квадратичный рост сопротивления вплоть до самых больших полей, однако в направлении минимума в поле 35 000 эрстед наблюдается полное насыщение. Усреднение кривых эффекта по всем углам (через $2,5^\circ$) привело к кривой, для которой сопротивление возрастает с полем линейно.

Е. С. Б о р о в и к и В. Г. В о л о ц к а я (ХФТИ) исследовали гальваномагнитные явления при низких температурах у хрома, а также у циркония. Сопротивление хрома возрастает с полем без насыщения. Сравнительно большая величина эффекта при большом значении остаточного сопротивления образца (1,3% от сопротивления при комнатной температуре), по-видимому, говорит о том, что в переходных металлах типа хрома имеется малочисленная группа электронов, которые обладают большой средней длиной свободного пробега.

Вопросам низкотемпературной проводимости и свойствам электронов в металлах был посвящен еще ряд докладов. Л. С. К а н и Б. Г. Л а з а р е в (ХФТИ) исследовали на золоте явление минимума сопротивления при низких температурах и нашли, что в результате отжига образцов, сопровождающегося заметным ростом зерна, минимум исчезает. Этим доказывается влияние реальной структуры металла на

явление. Ю. П. Га й д у к о в (ИФП) сообщил в прениях, что эффект минимума на золоте отсутствует на очень чистых образцах (отношение величин сопротивления при 300° К и 4,2° К 1600), но наблюдается на образцах с примесями (со значением указанного отношения порядка 100). Минимум исчезает в результате пластической деформации образца при гелиевой температуре.

М. Я. А з б е л ь (ХФТИ) рассказал о развитой им квантовой теории высокочастотного сопротивления металла, помещенного в постоянное магнитное поле при низких температурах. Оказывается, что на классическую зависимость поверхностного импеданса от поля накладываются диамагнитные квантовые осцилляции, характер которых различен в случаях наклонного поля и поля, строго параллельного исследуемой поверхности. В случае пленок должно наблюдаться резкое возрастание амплитуды квантовых осцилляций при значении поля, при котором ларморовская орбита впервые уместается в пленке. Теория указывает возможность восстановления формы поверхности Ферми по экспериментальным данным о периодах квантовых осцилляций и резонансных частотах М. И. Ка г а н о в ы м и В. М. Ц у к е р н и к о м (ХФТИ) теоретически исследовалось влияние термоэлектрических сил на скин-эффект в проводниках разного типа. Б. И. В е р к и н и Б. Н. А л е к с а н д р о в (ХФТИ), произведя измерения электрического сопротивления тонких проволок олова, индия и кадмия высокой чистоты, вычислили длину свободного пробега в этих металлах при 4,2° К; она оказалась порядка $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$ м.м. Н. Б. Б р а н д т (МГУ) и

Б. И. В е р к и н и И. М. Д м и т р е н к о (ХФТИ) исследовали влияние гидростатического давления (порядка 1000 атмосфер) на поведение металлов при низких температурах. Автором первой работы изучены квантовые осцилляции магнитной восприимчивости висмута при 1,6—4,2° К и высказаны соображения об изменениях тензора эффективных масс, электронной концентрации и граничной энергии Ферми соответствующей группы электронов при всестороннем сжатии. Во второй работе установлены особенности эффекта де-Гааза—ван-Альфена при всестороннем сжатом цинке. Г. Е. З и л ь б е р м а н о м и А. М. К о с е в и ч е м (ХФТИ) предложено теоретическое объяснение того факта, что уже небольшие относительные деформации вызывают значительное влияние на осцилляционные эффекты в металлах.

IV. МАГНЕТИЗМ

По этой теме совещание заслушало 10 докладов, в том числе три по антиферромагнетизму и семь по свойствам ферромагнетиков при низких температурах.

А. С. Б о р о в и к - Р о м а н о в (ИФП) рассказал о проведенных им на монокристаллическом образце антиферромагнетика $MnCO_3$ исследованиях «слабого ферромагнетизма». Было найдено, что эффект слабого ферромагнетизма обладает анизотропией, предсказываемой термодинамической теорией Дзялошинского: при любом направлении внешнего поля вектор ферромагнитной намагниченности лежит в плоскости базиса. Изменение спонтанной намагниченности подрешеток с температурой вблизи точки Кюри также происходит в соответствии с термодинамической теорией. Автором произведен расчет закона дисперсии для антиферромагнетика с магнитной структурой типа $MnCO_3$ на основе теории спиновых волн и выведены формулы для температурной зависимости ферромагнитной намагниченности и восприимчивости в поперечном и продольном полях. Обнаружено, что связь между изменениями этих величин с температурой, наблюдающаяся на опыте, резко отличается от предсказываемой теоретически, что свидетельствует о несовершенстве теории спиновых волн. Выступивший в прениях Р. А. А л и х а н о в (ИФП) рассказал о проведенном им нейтронографическом исследовании магнитной структуры $MnCO_3$ и $FeCO_3$ при низких температурах. Ему удалось показать, что ферромагнитные моменты в $MnCO_3$ действительно лежат в базисной плоскости и притом в плоскости симметрии, а не вдоль бинарной оси (что тоже было бы допустимо с точки зрения теории Дзялошинского). В $FeCO_3$ ферромагнитные моменты направлены по ромбоэдрической оси. П. Л. К а п и ц а подчеркнул большое значение этого метода.

В докладе Н. М. К р е й н с с (ВНИИФТРИ), зачитанном А. С. Боровиком-Романовым, говорилось о выполненных ею в ИФП измерениях магнитной анизотропии антиферромагнитных монокристаллов $CuSO_4$ и $CoSO_4$.

Е. А. Т у р о в (ИФМ АН СССР, Свердловск) сообщил о проведенном им теоретическом исследовании ряда свойств (намагниченность, восприимчивость, теплоемкость, резонансные частоты) антиферромагнетиков и слабых ферромагнетиков. В частности, им указана принципиальная возможность слабого ферромагнетизма «продольного типа» (с осью ферромагнетизма, параллельной оси антиферромагнетизма) в случае различия в величине g-фактора у ионов обеих подрешеток. Интересную дискуссию вызвало выступление Е. А. Т у р о в а в общей дискуссии (которой была по-

священа часть последнего заседания) о противоречиях между экспериментом и некоторыми простыми теоретическими соотношениями, вытекающими из современной теории спиновых волн. Участниками дискуссии подчеркивалась необходимость выполнения комплексных исследований на одних и тех же антиферромагнитных веществах.

Среди доложенных работ по ферромагнетизму живую дискуссию вызвала работа А. И. Судовцова и Е. Е. Семеновко (ХФТИ). Эти авторы измерили электрическое сопротивление железа в магнитных полях в широком интервале температур и одновременно снимали кривые намагничивания. Обнаружено, что при низких температурах (особенно гелиевых, когда сильно возрастает длина свободного пробега электронов) сопротивление значительно уменьшается в полях, соответствующих области технического намагничивания. Это уменьшение особенно велико в случае продольного поля: при гелиевой температуре сопротивление уменьшается, примерно, на одну треть в поле величиной 10 эрстед. Это явление естественно связать с укрупнением доменной структуры ферромагнетика и (при поле вдоль тока) с поворотом магнитных моментов в направлении поля. Полученные авторами результаты указывают на наличие нового механизма рассеяния электронов, который имеет место только в ферромагнитных металлах. Н. В. Волкештейн, Г. В. Федоров, Э. В. Галюшина и М. И. Турчинская (ИФМ АН СССР) сообщили об измерениях намагниченности и эффекта Холла поликристаллических образцов никеля и ферромагнитного сплава Ni_3Mn . Это первое заслушанное на совещании сообщение о работе при низких температурах (до жидкого гелия включительно), выполненной в Свердловске. Е. И. Кондорский, В. Роде, У. Гофман и Чжан Шу-чун (МГУ) сообщили о выполненных с помощью фотоэлектрического флюксметра измерениях восприимчивости никеля и его сплавов с медью при низких температурах, включая гелиевые. Т. И. Санадзе (ТГУ) наблюдал спектр парамагнитного резонанса Tb^{3+} в нитрате тербия при температурах жидкого водорода.

Несколько докладов было посвящено теоретическим вопросам низкотемпературного ферромагнетизма. М. И. Каганов и В. М. Цукерник (ХФТИ) рассмотрели кинетические явления в ферромагнетиках при низких температурах и вычислили времена релаксации, характеризующие установление равновесия в системе спиновых волн, а также при взаимодействии последних с колебаниями решетки. А. И. Ахизер, В. Баряхтар и С. Пелетинский (ХФТИ) теоретически исследовали релаксацию магнитного момента в ферродизлектриках и пришли к выводу, что в разных температурных интервалах за время релаксации ответственны различные механизмы взаимодействия. Власов (ИФМ АН СССР) показал, что при прохождении через ферромагнетик вдоль направления магнитного поля линейно поляризованной упругой (ультразвуковой) волны с частотой порядка 10^9 гц должно наблюдаться вращение плоскости поляризации порядка 10^{-3} — 10^{-4} радиан $\cdot \text{см}^{-1}$ эрстед $^{-1}$; при этом первоначальная линейная поляризация должна превратиться в эллиптическую. М. И. Каганов отметил что в этих же геометрических условиях должно наблюдаться еще одно явление: резонансное поглощение ультразвука при равенстве длины волны и радиуса Ларморовской орбиты электрона.

V. РАЗНЫЕ ВОПРОСЫ

К числу наиболее интересных докладов, обсужденных совещанием, принадлежит доклад И. А. Гиндина, Б. Г. Лазарева, Я. Д. Стародубова и В. И. Хоткевича (ХФТИ) по низкотемпературному полиморфизму металлов. В результате широко поставленного исследования было установлено, что полиморфизм при низких температурах является весьма распространенным явлением. Полиморфные превращения найдены (помимо широко известного перехода белого олова в серое) в случаях лития, натрия, цезия, ртути, висмута и бериллия. Определены температуры переходов для этих металлов и скачки объема. Превращения наблюдались по изменениям объема в процессе низкотемпературной пластической деформации и при отогреве. Для наблюдения превращения требуется достаточная степень деформации и достаточно сильное переохлаждение ниже точки перехода (например, в случае натрия потребовалось деформирование при гелиевой температуре, хотя точка перехода лежит около 73° К). В ряду щелочных металлов отмечено монотонное возрастание температуры превращения с ростом дебаевской характеристической температуры. Можно предполагать, что большинство других металлов с неплотно упакованной решеткой также имеют низкотемпературные модификации. П. Л. Капца отметил, что это явление значительно увеличивает число металлов, которые могут исследоваться при низких температурах.

Р. Ф. Булатова, В. С. Коган, Б. Г. Лазарев (ХФТИ) исследовали методами низкотемпературной рентгенографии, термического анализа и визуального наблюдения кристаллизации систему водород—дейтерий. Диаграмма состояния системы в твердом состоянии не представляет собой непрерывного ряда растворов. При 4,2° К наблюдается широкая область расслоения твердых смесей и весьма ограничен-

ная растворимость изотопов друг в друге ($\sim 15-20\%$). Это соответствует найденному заметному различию структур твердых водорода и дейтерия, а также выводам квантовой статистической механики о существовании критической температуры расслоения изотопической смеси. Последний эффект является чисто квантовым: с классической точки зрения никакие растворы изотопов не должны распадаться на отдельные фазы при низких температурах. В дискуссии был затронут вопрос о возможности наблюдения этого эффекта в твердых растворах изотопов гелия.

В работе Х. И. Амирханова, Ш. Х. Амирхановой и Р. И. Баширова, которые исследовали термоманнитные свойства некоторых соединений (типа $A^{III}B^V$ и типа $A^{II}B^{VI}$), по-видимому, было наблюдеено явление «фотонного ветра», предсказанное Гуревичем. Это первая доложенная на совещании работа в области температур жидкого водорода, выполненная в Дагестанском филиале АН СССР.

Н. М. Рейнов и А. П. Смирнов (ЛФТИ) измерили предел упругости поликристаллов олова и индия при очень низких температурах (ниже $1^\circ K$), отмечая переход металла из сверхпроводящего в нормальное состояние, вызванный разогревом образца при начале пластической деформации. Н. М. Рейнов и Н. И. Кривко (ЛФТИ) начали опыты по обнаружению ожидаемого диамагнитного резонанса на поляронах в записи меди.

Г. Р. Хуцишвили (ТГУ и Институт физики АН Грузинской ССР) теоретически исследовал эффект Оверхаузера в неметаллах. Ломкадзе исследовал электронный и ядерный (протонный) резонанс в дифенилпикрилгидразиле при гелиевой температуре. Б. Н. Самойлов рассказал о выполненных им опытах по ориентированию ядер Co^{60} и Au^{198} (в железе) при сверхнизких температурах. По величине аннотропии гамма-излучения было оценено эффективное поле, действующее на ядра со стороны электронной оболочки. Б. П. Захарченко и Е. Ф. Гросс (ЛФТИ), исследуя структуру края основной полосы спектра поглощения кристалла записи меди, помещенного в магнитное поле при гелиевых температурах, наблюдали эффект магнитооптических осцилляций.

Были заслушаны информационные доклады В. П. Пешкова и М. П. Малкова о заграничной научной командировке и сообщение Э. В. Шпольского о работе реферативного журнала «Физика».

Руководитель проблемы физики низких температур акад. П. Л. Капица подвел итоги совещания. С приветствием к участникам совещания обратился Президент Академии наук Грузинской ССР акад. Н. И. Мусхелишвили.

6-е Всесоюзное совещание по физике низких температур намечено провести в июне—июле 1959 г. в г. Свердловске.

Р. Ченцов