

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**УКРАИНСКОЕ РЕСПУБЛИКАНСКОЕ СОВЕЩАНИЕ
ПО ТЕОРИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

С 1 по 5 июня 1959 г. в Киеве состоялось Украинское республиканское совещание по теории металлов и сплавов. Оно явилось первым совещанием, обсудившим широкий круг вопросов теории металлов и сплавов, а не отдельные узкие проблемы металлофизики, как это практиковалось до настоящего времени. Совещание подвело итоги проделанной работе и наметило пути дальнейших исследований по основным вопросам теоретической металлофизики, играющим важную роль в техническом прогрессе страны.

В работе совещания приняли участие ученые Украины и большое количество научных сотрудников из других республик.

На совещании было заслушано и обсуждено 70 докладов и сообщений, которые были доложены на двух пленарных заседаниях и на заседаниях двух секций: электронной теории металлов и сплавов и молекулярнокинетической теории металлов и сплавов.

На пленарных заседаниях были заслушаны интересные обзорные доклады И. М. Лифшица и С. В. Вонсовского.

И. М. Л и ф ш и ц прочитал доклад: «Основные проблемы и перспективы развития теории металлов в свете задач выполнения семилетнего плана». Доклад С. В. В о н с о в с к о г о был посвящен феноменологической теории ферромагнетизма. В этих докладах были указаны наиболее актуальные вопросы теории металлов и намечены пути дальнейших исследований.

Доклад В. П. С и л и н а был посвящен важному вопросу влияния взаимодействия между электронами проводимости на свойства металлов. Взаимодействие учитывалось при помощи предложенной Л. Д. Ландау теории ферми-жидкости, которая была обобщена с учетом действующего электромагнитного взаимодействия между электронами. Межэлектронное взаимодействие приводит к качественному изменению энергетического спектра системы электронов. Наряду с ветвью ферми-возбуждений, характерной для электронного газа, в электронной жидкости появляются ветви бозе-возбуждений, которые соответствуют «нулевому звуку», а также продольным и поперечным плазменным колебаниям. Вследствие этого межэлектронное взаимодействие приводит к дополнительным потерям энергии быстрых электронов, проходящих через тонкие пленки металла, связанным с возбуждением нулевого звука и плазменных колебаний, а также к изменению диэлектрической восприимчивости в инфракрасной области.

Большое количество докладов было посвящено исследованию различных явлений в металлах, изучение которых дает возможность восстановить форму поверхности Ферми электронов проводимости.

В работе И. М. Л и ф ш и ц а и В. Г. П е с ч а н с к о г о были рассмотрены гальваномагнитные характеристики металлов с открытыми поверхностями Ферми в сильных магнитных полях. Проанализирована установленная в работе И. М. Лифшица, М. Я. Азбеля и М. И. Каганова существенная зависимость асимптотики этих характеристик от топологии поверхности Ферми. В частности, при наличии открытых траекторий электронов на поверхности Ферми сопротивление для одних направлений магнитного поля стремится к насыщению, а для других направлений — квадратично возрастает. Таким образом, удалось объяснить установленный П. Л. Капицей закон линейного возрастания сопротивления в магнитном поле как результат некоторого усреднения. Предположенный характер поверхности Ферми для золота и меди действительно был обнаружен Пиппардом.

В докладе М. Я. А з б е л я изложены результаты построенной им квантовой теории высокочастотного электросопротивления. Показано, что в зависимости поверхностного сопротивления от поля должны наблюдаться квантовые осцилляции. Амплитуда этих осцилляций резко возрастает, если частота электромагнитного поля совпадает с частотой циклотронного резонанса, причем резонансное возрастание амплитуды должно иметь место не только в параллельном к поверхности металла поле, как

в случае классического циклотронного резонанса, но и в наклонном поле. Исследование эффекта при разных направлениях магнитного поля дает возможность восстановить форму поверхности Ферми и определить скорости электронов на этой поверхности. Анализ формы поверхности Ферми может быть облегчен при использовании тонких пленок, когда различные группы электронов разделяются.

Доклад М. Я. Азбеля и Э. А. Канера был посвящен теории предсказанного авторами эффекта циклотронного резонанса в металлах, который имеет место в области аномального скин-эффекта в магнитном поле. Исследование этого эффекта дает также возможность определить скорости электронов на поверхности Ферми и ее топологию. Проанализированы проведенные в последнее время исследования циклотронного резонанса в Sn, Cu, Bi, In и Pb. Отмечено, что одним из методов определения максимального диаметра поверхности Ферми является исследование циклотронного резонанса в тонких пленках. Если диаметр ларморовской орбиты электрона равен толщине пленки, то на кривой зависимости поверхностного импеданса от напряженности поля должен наблюдаться излом.

Как отметил М. И. Каганов, в случае неквадратичной зависимости энергии электрона от импульса период обращения электронов в магнитном поле, а следовательно и резонансная частота, зависят от приложенного электрического поля. Этот эффект может быть использован для анализа формы изоэнергетических поверхностей в полупроводниках.

В докладе Ю. А. Бычкова, Л. Э. Гуревича, Г. М. Недлина рассмотрены термомагнитные эффекты в сильных магнитных полях. Эти эффекты также существенно зависят от формы поверхности Ферми, в частности, качественно различаются для закрытых и открытых поверхностей. При наличии градиента температуры возникающий поток фононов увлекает электроны и приводит к появлению нового механизма термомагнитных эффектов. Этот механизм проявляется, если отношение

числа $\left(\frac{T}{\theta}\right)^2 \frac{\xi}{k\theta}$ (T —температура, θ —дебаевская температура, ξ —химический потенциал электронов) не очень мало, что должно иметь место при не очень низких температурах. При этом зависимость термомагнитных эффектов от температуры и направления поля существенно изменяется.

Другого типа метод определения формы поверхности Ферми электронов в металлах рассмотрен в докладе А. А. Смирнова и М. А. Кривоглаза. Метод основан на изучении суммарного импульса пары фотонов, образующейся при аннигиляции позитрона с электроном проводимости в металле. Связь этого импульса с импульсом электронов дает возможность, проводя исследования углового распределения γ -квантов при различных ориентациях монокристалла, определить область в пространстве импульсов, заполненную электронами. Несмотря на существование различных причин разбития картины распределения γ -квантов, этот метод может быть использован для определения общего характера анизотропии поверхности Ферми не только в чистых металлах, но и в некоторых сплавах.

В докладе А. М. Косевича излагалась теория влияния упругой деформации на энергетический спектр электронов в металле и на осцилляции магнитной восприимчивости во внешнем магнитном поле. Если в металле имеются электронные группы с малым числом электронов, то небольшие деформации могут изменить периоды осцилляций на десятки процентов. При постоянном магнитном поле изменение внешнего давления должно приводить к осцилляциям термодинамических величин металла. Эффект де Гааза—ван Альфена рассчитывался также для случая импульсного магнитного поля.

Сообщение Б. И. Веркина и И. М. Дмитриенко содержало результаты экспериментального исследования влияния всестороннего сжатия давлением до 1730 кГ/см^2 кристаллов слабомагнитных металлов (Zn, Bi, Be, Sn) на величину магнитной анизотропии и эффект де Гааза—ван Альфена. Показано, что магнитная анизотропия и период магнитных осцилляций восприимчивости сложным периодическим образом зависят от внешнего давления.

Три доклада были посвящены вопросу поглощения ультразвука в магнитном поле. Положения максимумов на кривой зависимости коэффициента поглощения от напряженности поля соответствуют определенным соотношениям между длиной звуковой волны и диаметром ларморовской орбиты и существенно образом зависят от формы поверхности Ферми. В связи с этим, как показано в докладе В. Л. Гуревича, который рассмотрел случай произвольной дисперсии, исследование поглощения звука в магнитном поле также дает возможность восстановить форму поверхности Ферми. Наряду с обычным деформационным механизмом поглощения звука В. Л. Гуревич предложил новый механизм, названный им индукционным и связанный с джоулевым теплом токов индукции, возникающих при движении деформированных волновой областью металла в магнитном поле. Имеются области частот и полей, в которых индукционное поглощение является существенным. Рассмотрены особенности поглощения в области, где диаметр ларморовской орбиты значительно меньше длины звуко-

вой волны и зависимости коэффициентов поглощения от обратного поля носят неперриодический характер.

В работе Г. Л. Коткина исследовано поглощение звука в металлах с изотропной поверхностью Ферми. Получены условия для максимума коэффициента поглощения, отличающиеся от аналогичных условий Пиппарда.

А. А. Галкин и А. П. Королюк сообщили об экспериментальном обнаружении осцилляций коэффициента поглощения ультразвука в магнитном поле для олова и цинка. По периодам осцилляции определялись проекции импульса электронов для различных кристаллографических направлений. В сильных магнитных полях наблюдалась резкая анизотропия поглощения ультразвука, по которой можно судить о форме поверхности Ферми.

Большое внимание на совещании было уделено теории рассеяния рентгеновых лучей и медленных нейтронов твердыми растворами. В докладе М. А. Кривоглаза и Е. А. Тихоновой, посвященном этому вопросу, изложена общая теория рассеяния растворами произвольного состава с произвольными параметрами дальнего и ближнего порядка. Исследованы особенности распределения интенсивности рассеяния в окрестности узлов обратной решетки и показано, что изучение характера этих особенностей может служить методом определения положения примесных атомов в решетке. Показано, что показатель экспоненциала в дебаевском факторе ослабления интенсивности не квадратично зависит от длины волны и неаддитивно связан со статическими и динамическими смещениями. Рассчитанное на основании этой теории распределение интенсивности диффузного рассеяния на дебаеграмме было рассмотрено в работе В. И. Ивероновой и А. А. Кадельсона. Проведенное ими экспериментальное исследование сплава Ni_3Pt показало, что вычисленное и измеренное распределение интенсивности хорошо согласуются. В докладе М. А. Кривоглаза рассмотрено рассеяние рентгеновых лучей и тепловых нейтронов в окрестности точки фазового перехода второго рода. Показано, что при учете искажений кристаллической решетки распределение интенсивности может существенно измениться. В частности, в кристаллах, не имеющих центра симметрии, и в кристаллах, находящихся в окрестности критической точки, аномально большое рассеяние появляется вблизи не только сверхструктурных, но и вблизи структурных отражений. Рассмотрены аналогичные эффекты аномального рассеяния вблизи критической точки на кривой распада и вблизи температуры Кюри ферромагнетика или антиферромагнетика.

В докладе А. А. Смирнова и Е. А. Тихоновой рассмотрена концентрационная зависимость интенсивности правильных отражений и фона рассеянных рентгеновых лучей неупорядоченными сплавами замещения, в которых неоднородности решетки связаны с различием атомных факторов и атомных радиусов различных компонентов. Полученные формулы позволяют найти также интенсивность рассеяния медленных нейтронов.

В докладе В. М. Даниленко излагались результаты расчетов интенсивности рассеяния рентгеновых лучей в различных доменных структурах (ошибки наложения плотноупакованных атомных слоев, антифазные домены упорядочения и др.). В развитой общей теории исследовано, как влияет доменная структура разного типа на характер и величину размытия правильных отражений.

К. П. Рябошапкой и В. М. Даниленко было показано, что наличие дислокаций в упорядоченных сплавах приводит к различному уширению максимумов интенсивности, соответствующих структурным и сверхструктурным отражениям. Выяснено, каким образом изменяются интенсивность правильных отражений и интенсивность диффузного рассеяния при образовании атмосфер Коттрелла вокруг дислокаций.

В докладе А. Н. Менья и А. Н. Орлова был приведен расчет максимальной частоты ω_m колебаний атомов бинарного твердого раствора с объемноцентрированной кубической решеткой. Показано, что при упорядочении ω_m возрастает, и следовательно, характеристическая температура сплава увеличивается.

В докладе А. П. Звягиной и В. И. Ивероновой было отмечено, что дебаевская характеристическая температура сплава θ , определяемая из рентгеновских данных, существенно зависит от вида спектра тепловых колебаний атомов. Расчет показал, что упорядочение твердого раствора увеличивает средние квадратичные тепловые смещения атомов и уменьшает θ при неизменной величине сил межатомного взаимодействия (и увеличивающейся максимальной частоте колебаний атомов).

Серия докладов была посвящена магнитным свойствам вещества. К. Б. Власов рассмотрел эффект вращения плоскости поляризации упругих поперечных волн, распространяющихся в металлах вдоль направления магнитного поля. Эффект тесно связан с изменением поглощения звука в магнитном поле и может достигать существенной величины в полях $\sim 10^3$ э при частотах упругих волн $\sim 10^7$ гц.

Доклад А. А. Бердышева и Б. В. Карпенко был посвящен расчету косвенного взаимодействия между внутренними электронами при посредстве электронов проводимости. Косвенное взаимодействие всегда благоприятствует ферромагнет-

тизму, который может иметь место при полном отсутствии прямой связи и даже при отрицательном обменном интеграле. Косвенное обменное взаимодействие, возможно, ответственно за ферромагнетизм разбавленных сплавов, сплавов Гейслера и редкоземельных металлов. Б. В. Карпенко и А. А. Бердышев отметили, что взаимодействие электронов проводимости со спиновыми волнами в антиферромагнетике препятствует корреляции электронов вблизи поверхности Ферми и тем самым переходу металла в сверхпроводящее состояние.

Доклад Л. М. Петровой и Ю. П. Иригина содержал расчет обыкновенной постоянной Холла R ферромагнитного металла в рамках s — d -обменной модели Вонсовского при наличии двухзонной структуры полосы проводимости. Показано, что расчет дает уменьшение R с понижением температуры, как это наблюдалось на никеле и сплавах никеля с медью.

В работе П. С. Зырянова, Т. Г. Изюмовой и Г. В. Скроцкого было рассмотрено электросопротивление ферромагнитных металлов в области радиочастот вблизи ферромагнитного резонанса. Около резонансной частоты амплитуда спиновых волн, возникающих под действием внешнего электромагнитного поля, резко возрастает. При этом сильно растет также электросопротивление, связанное с диссипацией энергии при взаимодействии вынужденных спиновых колебаний с электронами проводимости. Без учета затухания спиновых волн электросопротивление оказывается обратно пропорциональным квадрату разности частоты электромагнитного поля и резонансной частоты.

Ю. А. Изюмов и Г. В. Скроцкий рассмотрели спиновый магнитный резонанс на электронах проводимости. Исследованы случаи ферромагнитных и неферромагнитных металлов.

А. И. Губанов при помощи квазихимического приближения рассмотрел явление ферромагнетизма в аморфных ферромагнетиках. Автор отметил, что дальний порядок расположения атомов не является необходимым для существования ферромагнетизма. В полученном им выражении для температуры Кюри существенную роль играет функция распределения соседних атомов по расстояниям.

В работе М. Я. Азбеля, В. И. Герасименко и И. М. Лифшица рассмотрен парамагнитный резонанс в металлах в случае, когда глубина скин-слоя намного меньше размеров образца. Вследствие диффузии электронов проводимости с перевернутым при резонансном поглощении спином область размагничивания образца может быть значительно большей области скин-слоя. В результате при резонансной частоте коэффициент прохождения электромагнитного излучения через тонкую пленку сильно возрастает. Важным результатом работы является указанная возможность получения ориентированных ядер при парамагнитном резонансе в слое более толстом, чем скин-слой.

В докладе В. П. Силлина была предложена макроскопическая теория оптических эффектов в металлах, пригодная в области как нормального, так и аномального скин-эффекта. Принимается во внимание, что смещение электрона за период колебания мало по сравнению с глубиной скин-слоя, хотя длина свободного пробега может быть большой. Развитая теория дает возможность исследовать оптические свойства проводников малых размеров, а также случай наклонного падения света на поверхность массивного образца.

В работе С. В. Константинова и В. И. Переля выведено выражение для проводимости и магнитной восприимчивости металла в переменном электромагнитном поле с учетом пространственной дисперсии. Полученные результаты применены к электронам металла в сильном магнитном поле. Показано, что в металлах с малым числом электронов проводимости при частотах, меньших циклотронной частоты, возможно прохождение электромагнитной волны, распространяющейся вдоль магнитного поля, через металл.

В докладе Б. А. Гринберга и А. Н. Орлова рассматривалось изменение сопротивления в магнитном поле и эффект Холла в чистом металле с параллельными линиями дислокаций. Наличие дислокаций приводит к заметной анизотропии гальваномагнитных явлений в металлах.

В докладе А. А. Смирнова и А. И. Носаря была изложена теория электросопротивления сплавов с искаженной кристаллической решеткой, развитая в рамках многоэлектронной модели металла. Показано, что зависимость остаточного электросопротивления сплавов от состава и параметров порядка может быть получена с использованием весьма небольшого числа модельных представлений. Учет искажений кристаллической решетки, вызванных разными размерами атомов, приводит к добавочному электросопротивлению, зависимость которого от состава сплава оказывается связанной с характером концентрационной зависимости его объема.

В докладе Г. В. Самсонова и В. С. Нешнора рассматривалась природа проводимости соединений Mo_3Si и MoSi_2 . Показано, что их проводимость имеет металлический характер, причем Mo_3Si является электронным, а MoSi_2 — дырочным проводником.

Г. В. Самсонов и Ю. Б. Падерно сообщили о проведенном ими исследовании физических свойств и электронного строения гексаборидов редкоземельных металлов со структурой CaB_6 , имеющих низкую величину работы выхода электронов.

Доклад В. Е. Микрюкова содержал анализ обширного экспериментального материала, касающегося выполнимости закона Видемана—Франца в металлах и сплавах.

В работе Г. Е. Пикуса и В. Б. Фикса рассмотрены электрокинетические эффекты в жидких металлах. При прохождении электрического тока через такой металл, из-за соударений электронов со стенками, электроны передают импульс стенке, а жидкость получает импульс в обратном направлении. В результате при прохождении тока возникает перепад давлений, пропорциональный разности потенциалов и зависящий от характера рассеяния электронов на стенках. Обратный эффект связан с возникновением разности потенциалов и зависит также от характера рассеяния электронов на стенках. Эта разность потенциалов вызывается отставанием потока электронов (из-за их соударений со стенками) от потока ионов. При перепаде давлений $\sim 1 \text{ кг/см}^2$ в ртути должна возникать разность потенциалов $\sim 10^{-6} \text{ в}$.

В докладе И. Б. Боровского и К. П. Гурова было сообщено об исследовании влияния малых примесей на физические свойства переходных металлов (диффузия, коэффициент линейного расширения, модуль упругости, коэффициент внутреннего трения, удельное электросопротивление и т. д.). Немонотонное изменение свойств с концентрацией примеси было объяснено влиянием избыточного заряда примесного атома на электронную структуру области кристалла вблизи этих атомов.

В докладе М. И. Корсунского и Г. П. Боровиковой был обсужден вопрос о влиянии малых примесей на рентгеновские спектры твердых тел. Показано, что примеси в количестве 0,01—0,001 ат. % заметно изменяют положения рентгеновских уровней германия.

Большая группа докладов была посвящена вопросам теории фазовых превращений в металлах и сплавах.

В докладе И. М. Лифшица был рассмотрен новый тип фазовых переходов в металлах при больших давлениях. Такие переходы связаны с особенностями функции распределения электронов проводимости при абсолютном нуле температуры. В связи с этими особенностями при определенных значениях давления p_k , когда изменяется топология поверхности Ферми, зависимость термодинамического потенциала от давления также имеет особенности. Поскольку изменение сжимаемости вблизи точки перехода пропорционально $(p - p_k^{1/2})$, автор считает возможным назвать эти переходы «переходами 2,5 рода». Строго говоря, о фазовом переходе такого рода в чистом металле (об особенностях термодинамического потенциала) можно говорить только при абсолютном нуле. При конечных температурах (или концентрациях примеси) особенность размывается. Вблизи точки перехода имеет место сложная зависимость парамагнитной восприимчивости электронов от давления. Очень резко должны изменяться при переходе кинетические коэффициенты. По произведенной оценке фазовые переходы такого типа должны иметь место при давлениях $\sim 10^4$ — 10^5 атм или при сравнительно небольших концентрациях примеси.

В работе И. М. Лифшица и Г. И. Степановой предложен способ описания растворов, в которых конфигурация атомов не соответствует состоянию термодинамического равновесия при рассматриваемой температуре. Способ основан на введении функции корреляции для групп атомов. Дан метод определения этих функций корреляций и свободной энергии неравновесного твердого раствора. Этот метод особенно удобен при малых концентрациях примеси. Полученные результаты, в частности, могут быть использованы для изучения термодинамических характеристик растворов при постоянной скорости изменения параметров корреляции или при неизменных значениях параметров корреляции, соответствующих определенной температуре s закалки.

Б. Н. Финкельштейн рассмотрел термодинамику трехкомпонентного твердого раствора. Расчет свободной энергии проведен в рамках модели парного взаимодействия атомов раствора при помощи квазихимического приближения. Исследован случай, когда концентрация двух компонентов раствора мала. Определена температурная зависимость параметров ближнего порядка и термодинамических активностей компонентов.

Доклад З. А. Матysiной и А. А. Смирнова был посвящен разработке теории упорядочения сплавов с гексагональными плотноупакованными кристаллическими решетками. Расчет проведен в рамках статистической теории упорядочения как без учета корреляции, так и с учетом ее в квазихимическом приближении. Определены температура упорядочения, зависимость степени дальнего порядка от температуры и состава и параметры корреляции в сплаве.

И. А. Гиндин, Б. Г. Лазарев, Я. Д. Стародубов и В. И. Хоткевич сообщили о наличии низкотемпературных полиморфных превращений у ряда металлов (щелочные металлы, висмут, бериллий). Превращение происходит после

пластической деформации металлов, причем низкотемпературная модификация имеет решетку с более плотной упаковкой атомов.

В работе И. М. Лифшица и В. В. Слезова рассмотрен процесс коагуляции частиц на поздних стадиях распада, когда выделившиеся сферические частицы уже достаточно велики и пересыщение раствора мало. Дано строгое решение трудной математической задачи—решения временного уравнения для функции распределения частиц по размерам. Найдено асимптотическое решение задачи при больших временах t . В частности, критический радиус зародыша при больших t прямо пропорционален $t^{1/3}$. Полученные результаты могут быть применены, в частности, к явлениям спекания и образования пор в пересыщенных вакансиями кристаллах. Поры исчезают сначала из слоя на поверхности металла, причем толщина этого слоя должна быть пропорциональна $t^{1/3}$. Как было отмечено в выступлении Р. И. Габера, исследование кинетики образования пор в кристаллах каменной соли подтверждает этот вывод.

В докладе В. И. Владимирова рассматривалась теория коагуляции избыточных вакансий в твердом теле. Была показана невозможность образования больших дефектов структуры путем коагуляции равномерно распределенных вакансий при постоянной температуре. Процессы коагуляции происходят во время охлаждения тела. В бесконечно протяженном теле существует температура $T_{кр}$, выше которой процесс коагуляции невозможен. Кинетика образования зародышей коагуляции ниже $T_{кр}$ зависит от скорости охлаждения образца. Произведена оценка критических размеров образца, при которых процесс коагуляции нарушается за счет ухода вакансий на поверхность тела, а также оценка максимальных и средних размеров плоских дефектов типа призматических дислокаций, возникающих в результате коагуляции вакансий.

Доклад Б. Я. Любова и А. Л. Ройтбурда был посвящен теории роста мартенситных кристаллов. Учет взаимодействия атомов, проведенный с помощью рассмотрения одномерной модели, позволил докладчикам найти критическую величину движущей силы роста $f_{кр}$, ниже которой рост новой фазы происходит в результате тепловых флуктуаций при условии достаточно высокой интенсивности теплового движения. При $f > f_{кр}$ рост происходит в результате направленного перехода атомов через потенциальный барьер, причем переход одних атомов обуславливает и обеспечивает переход последующих. Докладчики произвели оценку температуры на фронте превращения при стационарных условиях роста и рассчитали для конкретной модели поле напряжений и упругую энергию матрицы в зависимости от параметров превращения и действия внешних нагрузок.

Доклад Л. Н. Парикова был посвящен кинетике рекристаллизации в деформированных металлах и сплавах. Докладчик показал, что флуктуационное образование неискаженных кристалликов может происходить с заметной скоростью лишь в наиболее разупорядоченных участках деформированных металлов. Полученные формулы для скорости роста центров рекристаллизации удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными для чистых металлов. Был рассмотрен механизм действия растворимых и нерастворимых примесей на линейную скорость роста центров.

В докладе И. В. Салли рассматривался вопрос о линиях метастабильного равновесия на диаграммах бинарных систем. На основании молекулярнокинетической и термодинамической теории кристаллизации сделан критический анализ работ, в которых использовалось продолжение равновесных линий в субкритическую область. Докладчик считает, что метастабильные фазы, возникающие при больших скоростях охлаждения, как правило, являются стабильными в других условиях кристаллизации и присутствуют на диаграмме равновесия при более высоких концентрациях, чем у кристаллизующейся жидкости. В подтверждение докладчик привел данные, полученные при изучении некоторых сплавов, затвердевших при скоростях охлаждения до $100\ 000^\circ$ в секунду.

Доклад М. И. Захаровой и И. Н. Стеценко был посвящен фазовым превращениям в сплавах железо—ванадий. В результате проведенных исследований магнитных свойств и структуры при полиморфных превращениях в этих сплавах, было установлено, существование новой ферромагнитной β -фазы. Она наблюдалась в широкой области концентрации при температурах, превышающих температуру фазового перехода $\sigma \rightarrow \alpha$. В области температур $1050—1150^\circ$ отмечены аномально малые скорости фазовых превращений.

Группа докладов была посвящена подвижности атомов и ионов в металлических системах.

В докладе К. П. Гурова при помощи формализма Бреннинга рассматривался вопрос о связи энергии активации самодиффузии с характеристической температурой чистых металлов. Эта связь является первым приближением более общего соотношения, включающего неравновесные характеристики процесса. В заключение докладчик сопоставил вычисленные энергии активации с экспериментальными.

В докладе И. М. Федорченко и А. И. Райченко при учете эффекта Киркендалла рассмотрен объемный рост при отжиге смешанных порошковых тел. В каче-

стве модели была взята гранцентрированная кубическая решетка из кубиков металла в матрице металла А. Расчет проведен для беспористого тела и при допущении о независимости коэффициентов диффузии металла В от концентрации и времени. Рассчитанные максимальные объемные эффекты были сопоставлены с экспериментально наблюдаемыми в системе Cu—Ni.

Е. А. Тихонова доложила о теории диффузии внедренных атомов в сплавах А—В типа CuAu, в которых при упорядочении атомы А и В располагаются по чередующимся плоскостям, параллельным одной из граней куба. Показано, что при упорядочении сплава коэффициент диффузии и энергия активации скачкообразно изменяются. В упорядоченном сплаве должна наблюдаться также сильная анизотропия коэффициента диффузии. Коэффициент диффузии вдоль слоев обычно больше коэффициента диффузии в перпендикулярном к слоям направлении.

Доклад В. Б. Фикса был посвящен механизму подвижности примесных ионов в металлах под действием электрического поля с учетом эффекта увлечения понов электронами. Было показано, что эффективная подвижность примесного иона в металле определяется не только его зарядом, но и сечением рассеяния электронов. Движение нейтральных примесных атомов целиком определяется увлечением их электронами. Теория позволила получить «правило электропроводности», установленное Скауни, и пределы его применимости. Расчет показал также, что вклад эффекта увлечения понов электронами в термодиффузию может составлять заметную величину от экспериментально наблюдаемых эффектов.

В своем сообщении П. П. Кузьменко и Е. И. Харьков привели интересные экспериментальные данные, полученные при изучении электропереноса в чистых металлах посредством меченых атомов.

В докладе И. Н. Францевича, Д. Ф. Калиновича, И. И. Ковенского, М. Д. Смолина и М. Д. Глинчук были приведены результаты изучения при помощи радиоактивных изотопов взаимного электропереноса обоих компонентов в бинарных твердых растворах углерода, хрома, молибдена и вольфрама в железе, а также электроперенос вольфрама в никеле. Установлено, что ионы углерода, хрома, вольфрама в указанных растворах мигрируют в постоянном электрическом поле к катоду. В твердом растворе молибдена в железе атомы молибдена мигрируют к аноду. Атомы железа в этих растворах мигрируют в направлении, обратном миграции растворенного элемента.

Группа докладов была посвящена механизму ползучести и разрушения металлов при высоких температурах.

В докладе И. А. Одингга и В. Н. Геминова обсуждался механизм разрушения металлов при ползучести в условиях повышенных температур. Разрушение в подобных условиях было объяснено процессом постепенного накопления в металле внутризеренных и межзеренных повреждений, связанных с дислокационно-вакансионным механизмом.

В докладе И. А. Одингга и Л. К. Гордиенко изложены результаты исследований (методом микромеханических испытаний) изменения механических свойств металлов, предварительно подвергнутых испытанию на ползучесть. Установлены закономерности изменения пластичности, характеристик текучести и условного предела прочности для технического железа и никель-хромового сплава на различных стадиях службы в условиях ползучести. Изменения механических свойств сопоставлялись с микроструктурой образцов.

Доклад Б. Я. Пинеса был посвящен особенностям диффузионного механизма ползучести. Докладчик приводит данные, показывающие, что критерием того или иного механизма ползучести является влияние холодного наклепа и отжига на скорость процесса. Диффузионная ползучесть ускоряется после холодного наклепа и замедляется после отжига. Обратное влияние должно наблюдаться в случае дислокационного механизма ползучести. Наблюдаемая у кристаллических тел диффузионная ползучесть, однако, отличается от вязкого течения аморфных тел наличием неравновесных состояний, искажающих простые закономерности вязкого течения. Докладчик иллюстрировал эту мысль на обширном экспериментальном материале, полученном при исследовании процессов восстановления и последствия в металллокерамических телах.

В докладе Н. С. Журкова и А. В. Савицкого излагались результаты экспериментальной проверки диффузионной теории процессов механического разрушения на чистом серебре и сплаве серебра с 5 ат. % алюминия. Несовпадение температурной зависимости процессов разрушения и самодиффузии, а также различное влияние на них малых добавок легирующих элементов указывают, как показали докладчики, на различную природу этих процессов и ставит под сомнение диффузионный механизм роста трещин.

Доклад Н. С. Фастова был посвящен термодинамике необратимых процессов упрочнения и разупрочнения металлов. Рассмотрен процесс аккумуляции энергии в пластически деформированных кристаллах. При малой величине деформации практически вся работа, затраченная на деформирование, аккумулируется

в энергию упрочнения. По мере увеличения степени деформации отношение энергии упрочнения к работе, затраченной на деформирование, уменьшается. Произведена оценка положения и ширины максимума скорости выделения энергии упрочнения при постоянной скорости нагрева. Полученные соотношения находятся в качественном согласии с опытными данными, полученными В. И. Хоткевичем для кадмия.

В дискуссии по этой группе докладов было констатировано, что хотя сопоставление механизмов различных процессов лишь на основании температурной зависимости скорости их протекания и не является достаточно надежным, все же в настоящее время имеются серьезные основания для пересмотра некоторых упрощенных представлений о механизме ползучести и разрушения металлов при высоких температурах. Близко примыкали к этим докладам также сообщения А. И. Гиндина и Ю. М. Плишкина.

В своем коротком сообщении А. И. Гиндин привел интересные данные о повышении пластичности армко-железа при низких температурах путем предварительной пластической деформации при более высоких температурах.

В докладе Ю. М. Плишкина исследован вопрос об устойчивых конфигурациях атомных слоев в зависимости от растяжения цилиндрического кристалла в направлении его оси. При помощи некоторых упрощающих допущений была получена форма трещины, соответствующая минимуму потенциальной энергии.

В докладе К. П. Родионова на основе имеющихся экспериментальных данных было высказано предположение о существовании некоторой температурной области, в общем не совпадающей с температурой плавления, в которой может происходить аномальное изменение физических свойств твердого тела с давлением и температурой. Дан термодинамический анализ изменения истинных коэффициентов сжимаемости, теплового расширения, теплоемкости и других параметров с давлением и температурой в области аномалии. Докладчик высказал некоторые качественные соображения о природе этого явления.

Доклад Н. И. Варича был посвящен обсуждению закономерностей периодического изменения межатомных сил связи в зависимости от положения элемента в системе Д. И. Менделеева.

В своем сообщении Г. М. Воробьев рассмотрел возможность достоверного измерения интенсивности рентгеновских интерференций при наличии текстуры в образцах.

Сообщение А. С. Виглина также было посвящено вопросу о текстурах. В нем обсуждалась количественная мера текстуры в поликристаллических материалах.

На заключительном пленарном заседании совещание приняло резолюцию, в которой отметило наиболее актуальные вопросы теории металлов и сплавов, наметив пути дальнейших исследований. Были рекомендованы также организационные мероприятия, направленные на улучшение работы в области теории металлов.

В. М. Даниленко, М. А. Кривоглаз, Л. Н. Ларинов, А. А. Смирнов