

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

Очередное, ежегодное совещание по физике низких температур состоялось в Ленинграде с 26 июня по 1 июля 1962 г. Кроме физиков Советского Союза, в нем приняли участие гости из ГДР, Чехословакии, Польши и Венгрии. Общее число участников превысило 400 человек. Круг вопросов, обсуждавшихся на пленарных и секционных заседаниях, был весьма широк: сверхпроводимость, электронные спектры металлов и полупроводников, свойства жидкого гелия, магнитные явления при низких температурах, техника получения и методика измерений низких температур.

В настоящем обзоре нет возможности даже кратко изложить содержание всех 120 докладов, заслушанных на совещании, поэтому составители обзора ограничились кратким резюме лишь по некоторым докладам.

Во вступительном слове на первом пленарном заседании председатель Ученого совета проблемы физики низких температур Н. Е. Алексеевский сообщил, что ежегодные совещания по физике низких температур будут в дальнейшем иметь не только информационный, но и координационный характер, поскольку физика низких температур начинает играть важную роль в различных областях науки и техники и число учреждений и активно работающих сотрудников очень быстро возрастает. Образованные секции Совета проблемы должны помочь решению этой сложной задачи.

На первом пленарном заседании был заслушан ряд докладов по физическим свойствам жидкого гелия.

В обзорном докладе В. П. Пешков рассказал об основных направлениях исследований и о ряде результатов, которые были получены со времени предыдущей конференции. Значительное место здесь занимает изучение свойств растворов изотопов He^3 и He^4 . Этой проблеме было посвящено несколько докладов. Измерения поверхностного натяжения (Б. Н. Есельсон, В. Г. Иванцов), проводившиеся ранее для слабых растворов He^3 и He^4 , были распространены на область больших концентраций He^3 (10—50%). Коэффициент поверхностного натяжения уменьшается с ростом концентрации He^3 , причем быстрее, чем это следует из соображений об аддитивности.

К. Н. Зинovieва рассказала об исследовании диаграммы состояний растворов He^3 — He^4 при повышенных давлениях и при температурах ниже 1,5° К. В частности, при увеличении давления кривые фазового расслоения сохраняют свою форму и смещаются как целое в область низких температур.

В другом докладе, посвященном изучению фазовых диаграмм растворов He^3 — He^4 (Н. Г. Березняк, И. В. Богоявленский, Б. Н. Есельсон), основное внимание было уделено процессу затвердевания смесей, содержащих до 76% He^3 .

Были продолжены также исследования вихревого движения в HeII . Цакадзе сообщил об измерениях коэффициента взаимного трения вдоль вихревых нитей.

Теоретическому рассмотрению вопроса о критических скоростях вихреобразования в HeII был посвящен доклад Ю. Г. Мамаладзе.

А. Ф. Андреев исследовал вопрос о влиянии электронов проводимости на некоторые явления на границе между металлом и жидким гелием. Сильное изменение коэффициента отражения фононов жидкости от металлической поверхности, которое возникает при определенных углах падения и связано с наличием проводящих электронов, оказывает существенное влияние на температурный скачок Капицы, а также приводит к аномалиям в угловой зависимости коэффициента отражения звука.

Теоретическому изучению явления парамагнитной релаксации в жидком He^3 посвящена работа И. П. Ипатовой и Г. М. Элиашберга. Были определены порядок величины и температурная зависимость поперечного и продольного времен релаксации для температур, где He^3 является ферми-жидкостью.

Сверхпроводимость. Основное внимание исследователей, работающих в этой области, сосредоточено на нескольких направлениях. Весьма мощным средством изучения энергетической щели в спектре сверхпроводников (ее зависимости

от температуры, примесей и т. д.) является туннельный эффект. В своем докладе Н. В. Заваричкин рассказал об исследовании туннельного эффекта между пленкой олова и монокристаллическими образцами различной кристаллографической ориентации. Из вольт-амперных характеристик была определена зависимость ширины щели от температуры, а также получена некоторая информация об анизотропии щели.

Весьма интересны как с принципиальной, так и в особенности с практической точки зрения сверхпроводящие сплавы, обладающие очень высокими значениями критических магнитных полей (сотни тысяч эрстед). Это свойство, обнаруженное впервые у Nb_3Sn , было затем найдено и у других сплавов. Различным проблемам синтеза таких сплавов и их использования в соленоидных с целью получения сильных магнитных полей было посвящено несколько докладов (Н. Е. Алексеевский и др., Б. Г. Лазарев и др., В. Р. Карасик, С. Ш. Ахмедов). А. М. Колчин, Н. И. Кривко, Н. М. Рейнов осуществили измерение поверхностного импеданса сплава $Nb - Zr$.

В целом ряде работ исследовалось влияние давления на свойства сверхпроводников. Особый интерес представляют исследования такого рода на висмуте, электронный спектр которого может испытывать существенные изменения при деформации. Н. Б. Брандт и Н. И. Гинзбург обнаружили большое различие в свойствах двух сверхпроводящих модификаций висмута.

Б. Г. Лазарев, Л. С. Лазарева (Кан), В. И. Макаров продолжили начатое ранее изучение зависимости критической температуры олова и таллия от давления. В частности, установлен нелинейный характер этой зависимости. Измерения зависимости критической температуры от давления у Nb_3Sn (Б. Г. Лазарев, Л. С. Лазарева (Кан), О. Н. Овчаренко, А. А. Мацакова), по-видимому, указывают на малый удельный объем сверхпроводящих областей в этом сплаве.

Явление разрушения сверхпроводимости током и распределение фаз в промежуточном состоянии было исследовано Н. Е. Алексеевским и Е. А. Тройнаром методом ферромагнитного порошка. Полученная картина соответствует картине промежуточного состояния, предложенной Ландау. Было также предпринято изучение кинетики разрушения сверхпроводимости током (А. П. Смирнов, А. В. Румянцев, В. Н. Тотубалин).

Большой интерес представляет теоретическая работа И. А. Привороцкого, который показал, что отсутствие изотопического эффекта у рутения можно объяснить, если предположить, что причиной образования куперовских пар у этого антиферромагнетика является обмен спиновыми волнами между электронами.

Как и на предыдущих конференциях, большое количество докладов было посвящено электронным спектрам металлов, в основном определению различными методами формы ферми-поверхности в металлах. Наряду с уже показавшими свою плодотворность гальваномагнитными измерениями были широко представлены высокочастотные радиоспектроскопические и ультразвуковые методы, которые, по-видимому, обеспечивают наибольшую точность и полноту исследования топологии ферми-поверхности.

Большой интерес вызвали работы М. С. Хайкина и его сотрудников — Р. Т. Мина и В. С. Эдельмана — по исследованию циклотронного резонанса на олове, свинце и висмуте. Предложенный М. С. Хайкиным метод отсекания циклотронных орбит поверхностью металла в тонких образцах и дополняющий его метод отсекания нерезонансных орбит позволяют непосредственно находить импульс электронов ферми-поверхности и, таким образом, сразу восстанавливать некоторые сечения ферми-поверхности. Измерение эффективных масс в различных кристаллографических направлениях позволяет существенно дополнить результаты, получаемые методами отсекания орбит, и выяснить более полно картину ферми-поверхности. Таким путем были исследованы формы дырочных ферми-поверхностей в третьей и четвертой зонах Бриллюэна олова, электронная ферми-поверхность в третьей зоне Бриллюэна свинца, а также электронная ферми-поверхность висмута, оказавшаяся, в согласии с общепринятой точкой зрения, состоящей из трех эллипсоидов Шёнберга. Результаты для четвертой зоны Бриллюэна олова выявили такие детали весьма сложной ферми-поверхности, которые не могли быть получены в менее чувствительных к форме поверхности измерениях эффекта де-Гааза — ван-Альфена. Для «трубчатой» ферми-поверхности свинца были определены сечения «трубок» и уточнена форма и размеры различных сечений ферми-поверхности, результаты хорошо согласуются с данными по эффекту де-Гааза — ван-Альфена. Были обнаружены осцилляции поверхностного импеданса в более сильных магнитных полях, которые авторы приписывают эффекту Шубникова — де-Гааза на высокой частоте, а также осцилляции типа квантового циклотронного резонанса с периодом, непостоянным по $1/H$.

Близко примыкают к работам Хайкина и его сотрудников исследования В. Ф. Гантмахера и Е. П. Вольского.

В. Ф. Гантмахер обнаружил новый размерный эффект на тонких образцах олова, производя измерения поверхностного импеданса образцов на частотах $1-5 \text{ МГц}$ (т. е. далеких от условий циклотронного резонанса). Эффект состоит в появлении особенностей (всплесков) на кривой импеданса в зависимости от магнитного поля, вызван

ных отсечкой орбит электронов поверхностью образца, когда толщина образца равна диаметру орбиты; кроме того, всплески импеданса наблюдаются за счет локального усиления электромагнитного поля в глубине образца, куда высокочастотное поле нормально не проникает (условия аномального скин-эффекта), при значениях магнитного поля, кратных основному. В результате оказывается возможным определить импульс электрона фермиевской поверхности по значению магнитного поля в момент отсечки и толщине пластинки и восстановить исследуемое сечение ферми-поверхности.

Е. П. Вольский измерял квантовые осцилляции квазистатической проводимости висмута в магнитном поле (эффект Шубникова — де-Гааза) на частоте 3—5 Мгц. При этом удалось обеспечить высокую чувствительность измерений благодаря применению модуляционного метода. Результаты находятся в согласии с представлениями об эллипсоидальных электронных ферми-поверхностях: так как исследуются средние сечения эллипсоидов, то отступлений от эллипсоидальности не наблюдалось.

В работах В. П. Набережных, А. А. Галкина и В. Л. Мельника и П. А. Безуглого, А. А. Галкина и А. П. Пушкина исследовались циклотронный резонанс и магнитоакустический резонанс на одних и тех же образцах алюминия, что давало возможность сравнивать результаты и облегчало восстановление топологии ферми-поверхности. Были получены угловые зависимости эффективных масс вблизи главных кристаллографических направлений. Для третьей зоны Бриллюэна алюминия результаты сходны с данными эффекта де-Гааза — ван-Альфена, но позволяют выявить детали ферми-поверхности; для второй зоны Бриллюэна интерпретация данных затруднительна.

Н. Е. Алексеевский доложил о гальваномагнитных исследованиях переходных металлов (Н. Е. Алексеевский, В. Егоров, Б. Н. Казак, Г. Э. Карстенс) в сильных магнитных полях (постоянных до 35 кэ и импульсных до 200 кэ). Исследования показали, что, в то время как палладий и рений имеют открытые ферми-поверхности, поверхность Ферми молибдена, по-видимому, является замкнутой. Основным успехом работы было получение воспроизводимых результатов благодаря приготовлению чистых образцов, так как (как указывают авторы работы) примеси в этих металлах, например в палладии, играют весьма существенную роль. Н. Е. Алексеевский отметил также перспективность гальваномагнитных измерений для изучения ферми-поверхностей переходных металлов, поскольку чистота образцов этих металлов еще далека от требований, предъявляемых такого рода методами, как циклотронный резонанс.

Н. Е. Алексеевским и Ю. П. Гайдукowym были измерены анизотропия электрического сопротивления и эффекта Холла кадмия, цинка и таллия; во всех этих металлах обнаружены открытые ферми-поверхности. При этом было установлено, что у Zn открытые траектории расположены как в плоскости (0001), так и параллельно главной оси; у Ti они лежат только в плоскости (0001), а Cd имеет открытые траектории, лишь параллельные главной оси.

Заканчивая обзор основных экспериментальных работ, посвященных исследованию топологии ферми-поверхностей, следует указать, что интерпретация экспериментальных результатов во всех изложенных работах проводилась с помощью модели свободных электронов Гаррисона. Оказалось, что во многих случаях эта на первый взгляд грубая модель дает удивительно хорошие результаты при сравнении с экспериментом (данные М. С. Хайкина и др., В. Ф. Гантмахера, Е. П. Вольского, А. А. Галкина с сотрудниками, Н. Е. Алексеевского и др.), поэтому она может служить чем-то вроде колыбели при построении рабочей модели ферми-поверхности (конечно, детали ее вблизи точек пересечения с границей зоны Бриллюэна или точек пересечения различных частей ферми-поверхности нуждаются в уточнении). Такая «универсальность» модели Гаррисона отмечалась многими, выступавшими в дискуссии.

В. Г. Володка и Н. Я. Фогель исследовали гальваномагнитные явления в очень чистом алюминии (отношение $\rho_{300^\circ}/\rho_{4^\circ} \sim 2500 \div 2000$ вместо прежних значений не более 2000). Измерения подтверждают сделанное ранее предположение о наличии открытых поверхностей Ферми в алюминии, однако наряду с этим обнаружен ряд аномалий в поведении образцов с различным количеством примесей.

В докладе Б. Н. Александрова сообщалось об исследовании размерного эффекта в продольном магнитном поле на очень чистых олове, цинке и алюминии.

На конференции было представлено еще два теоретических доклада, посвященных явлениям, позволяющим исследовать ферми-поверхности металлов.

В первом из них Э. А. Канер рассказал о созданной им теории акустического циклотронного резонанса (явление, уже наблюдавшееся Робертсом на галлии). В отличие от других резонансных явлений, связанных с поглощением звука, типа магнитоакустического резонанса, или осцилляций, вызванных открытыми периодическими траекториями электронов на ферми-поверхности, акустический циклотронный резонанс происходит на более высоких частотах звука ($\omega \gg 1$), когда электроны при своем обращении по орбитам в магнитном поле все время попадают в плоскость постоянной фазы звуковой волны и интенсивно поглощают энергию звука. Резонанс происходит

не только на основной циклотронной частоте, но и на кратных частотах $\omega = n\Omega$ ($\Omega = \omega$, где $\Omega = eH/mc$, ω — частота звука). Наиболее резко выражен резонанс при $k \perp H$ (k — волновой вектор звука, H — магнитное поле) и при квадратичном законе дисперсии, однако он может также наблюдаться при k , не перпендикулярном H , и для различных (а не только экстремальных) сечений фермиевской поверхности. Особенно ценным свойством нового явления оказывается возможность определения не только экстремальных диаметров и эффективных масс экстремального сечения поверхности Ферми, но эффективных масс и средних скоростей на произвольном сечении поверхности, а также направлений открытых траекторий.

Другой доклад (В. Г. Барьяхтар и В. И. Макаров) был посвящен изложению теорий квантовых осцилляций туннельного тока через контакт двух металлов в магнитном поле, перпендикулярном к плоскости контакта. Должно наблюдаться два типа осцилляций: в зависимости от магнитного поля с периодом, определяемым экстремальными сечениями ферми-поверхности, и в зависимости от приложенного к контакту напряжения; период осцилляций второго типа определяется эффективной массой электронов, соответствующих экстремальному сечению ферми-поверхности. Преимущество этого явления заключается в возможности изучать экстремальные сечения ферми-поверхности и эффективные массы в одном опыте, однако отношение осцилляционного тока к основному имеет порядок величины $10^{-6} - 10^{-7}$, что сильно затрудняет возможность наблюдения эффекта.

Это же явление при мало отличающейся постановке задачи было изучено И. О. Куликом и Г. А. Гогадзе, которые пришли к аналогичным выводам. Они указывают, что можно наблюдать осцилляции еще одного типа в импульсных магнитных полях, связанные с осцилляциями химического потенциала; условия их наблюдения, $\tau \ll RC$, где τ — длительность импульса магнитного поля, а R, C — сопротивление и емкость контакта.

Н. Б. Брандт, Н. Н. Ступоченко и Т. Ф. Долголенко исследовали тонкую структуру квантовых осцилляций магнитной восприимчивости висмута в различных кристаллографических направлениях при сверхнизких температурах. Кроме сложной зависимости амплитуды основных осцилляций на дырочной части поверхности Ферми от магнитного поля, обнаружены в определенной области углов между тригональной осью и магнитным полем высокочастотные осцилляции, имеющие в некоторых случаях удвоенную, а иногда и утроенную частоту. Выступивший в дискуссии А. А. Абрикосов указал, что сравнение эксперимента с теорией затруднено вследствие большой неэллипсоидальности дырочной поверхности Ферми висмута и трудности вычисления ее сечения.

Интересный эффект усиления ультразвука полуметаллов рассматривали Р. Ф. Казаринов и В. Г. Скобов. Усиление происходит при поглощении звука в электрическом поле за счет черенковского излучения фононов, когда скорость дрейфа электронов направлена антипараллельно волновому вектору звука и по величине превышает фазовую скорость звука.

В сильном магнитном поле ($\Omega\tau \gg 1$, Ω — циклотронная частота, τ — время релаксации) коэффициент усиления ультразвука возрастает в v_F/s раз (v_F — фермиевская скорость электрона, s — скорость звука). При $H \perp E$ и $\perp$ направлению распространения звука может происходить циклотронное резонансное поглощение звука как на основной циклотронной частоте, так и на гармониках.

В дискуссии Ю. М. Каган указал, что частота возникающих в этом явлении фононов может быть измерена с помощью эффекта Мессбауэра, а также что можно наблюдать аналогичное явление усиления спиновых волн.

Две теоретические работы были посвящены вопросам, также связанным с электронными спектрами металлов.

Л. А. Фальковский и А. А. Абрикосов рассчитали энергетический спектр «плохих» металлов пятой группы (висмута, мышьяка, сурьмы) методами теории групп с учетом качественных соображений о структуре решетки типа висмута и о характере перехода от «хороших» металлов к диэлектрикам при деформации. Решетка типа висмута является слабо деформированной кубической решеткой, однако такая малая деформация приводит к двукратному уменьшению элементарной ячейки обратной решетки, благодаря чему висмут из хорошего металла, которым он должен являться при нулевой деформации кубической решетки, переходит в «диэлектрик» (так как зона Бриллюэна оказывается заполненной полностью), а фактически — в плохой металл с малой концентрацией электронов. Переход от хорошего металла к диэлектрику должен происходить скачком, как показал Р. Г. Архипов (см. ниже о докладе Архипова); следовательно, во всех состояниях при разных деформациях должны существовать две фазы — диэлектрическая и металлическая, одна из которых является устойчивой, а другая — метастабильной. По-видимому, диэлектрическая является устойчивой при конечной деформации (нормальная решетка висмута), а металлическая — при отсутствии деформации, при соответствующей кубической решетке. Эти соображения оправдываются при вычислении энергии деформаций диэлектрической фазы и минимизации ее для определения равновесной деформации;

к сожалению, энергия металлической фазы не может быть просто вычислена и сравнена с энергией диэлектрической фазы. На основании этих соображений проведен расчет закона дисперсии носителей вблизи наиболее симметричных точек обратной решетки висмута путем решения секулярного уравнения восьмого порядка. С учетом спин-орбитального взаимодействия получаются закрытые поверхности Ферми для электронов и дырок, соответствующие экспериментальным данным; закон дисперсии отличается от квадратичного при достаточном удалении от экстремумов энергии.

Р. Г. А р х и п о в вывел критерий существования металлов с малой концентрацией электронов. При малых концентрациях носителей является выгодным образованием пар из электронов и дырок из-за плохой экранировки кулоновского взаимодействия, вследствие чего не будет состояний, проводящих ток. Поэтому своеобразным критерием металлических свойств (т. е. наличия свободных носителей) будет равенство по порядку величины среднего расстояния между электронами дебаевскому радиусу экранировки. Тогда оказывается, что для хороших металлов (с большой концентрацией электронов) эффективная масса носителей может быть велика, «плохие» же металлы должны обязательно иметь носители с малой эффективной массой. Если деформировать диэлектрик так, чтобы энергетический зазор между пустой и заполненной зонами уменьшался, то переход его в металл при перекрытии зон будет тормозиться процессом образования пар из электронов и дырок, нарастающим при нарастании количества носителей, когда энергетическая щель будет уменьшаться. Когда число носителей увеличится настолько, что возникает эффективная экранировка кулоновского взаимодействия, то произойдет резкий переход диэлектрика в металл (переходом первого рода). Из изложенных соображений следует, что плохими металлами будут являться вещества, в которых имеется перекрытие или контакт зон за счет высокой симметрии решетки. Снятие вырождения в результате слабой деформации приводит к появлению малого количества носителей с малой эффективной массой (это подтверждается примерами висмута и графита).

М. И. Каганов и В. Г. Песчanskiй проанализировали различные механизмы поглощения ультразвука в металлах.

Количество докладов по полупроводникам было значительно меньшим. На секционном заседании наибольший интерес вызвали два доклада, представленные лабораторией С. М. Рывкина (ФТИ, Ленинград).

В. П. Добрего и С. М. Рывкин изучали проводимость в германии, легированном примесями V или III групп, с концентрацией носителей 10^{15} — 10^{16} см⁻³ при наличии компенсирующих примесей. Движение носителей при этом происходит путем «перескоков» на свободные места на донорах (акцепторах); наблюдалась отрицательная фотопроводимость, вызванная поглощением света собственной полосы поглощения и объясняемая увеличением заполнения свободных донорных состояний электронами, возбужденными в зону проводимости. Была исследована зависимость фотопроводимости от степени компенсации образцов и интенсивности света и предложен механизм спада фотопроводимости при освещении образцов импульсами света.

С. М. Рывкин, В. П. Добрего, Б. М. Коноваленко и И. Д. Ярош е ц к и й обнаружили явление так называемого индуцированного примесного пробоя в образцах германия такой же чистоты, но полностью компенсированных. В этом случае на мелких донорных уровнях, лежащих под зоной проводимости, носители полностью отсутствуют, но освещением германия светом собственной полосы поглощения можно вызвать переход электронов сначала в зону проводимости, потом на донорные уровни и приложением электрического поля можно вызвать пробой. При определенных условиях возникают колебания тока в измерительной цепи, связанные с ударной ионизацией примесей и последующей рекомбинацией электронов с дырками, находящимися на компенсирующих акцепторных уровнях. Были изучены условия возникновения таких колебаний тока.

М. И. Каганов предложил наблюдать дополнительные экситонные волны в кристалле, вызванные наличием пространственной дисперсии, с помощью торможения быстрых частиц в диэлектрике. Тормозные потери энергии при этом складываются из поляризационных потерь и черенковского излучения; поляризационные потери определяются при учете пространственной дисперсии генерацией экситонных волн. При выходе из кристалла экситонные волны с учетом граничных условий преобразуются в электромагнитные. Это электромагнитное излучение может быть отделено от черенковского, так как оно испускается в другом направлении; по интенсивности оно сравнимо с черенковским излучением.

Л. С. Кук у ш к и н доложил о своей теории процессов безызлучательных переходов в молекулярных кристаллах.

В докладе А. Р. Кесселя и У. Х. Копиллема был предложен расчет чувствительности квантового счетчика фононов, который, в отличие от исследовавшихся квантовых усилителей фононов, использует атомы не в возбужденном, а в основном состоянии, что позволяет существенно понизить шум.

На секционном заседании была доложена еще работа А. А. Капланского о влиянии одноосных деформаций на оптические спектры кристаллов типа CaF_2 , LiF

и др., содержащих различные примеси, а также на экситонный спектр закиси меди. Измерения позволяют сделать вывод о структуре локальных центров и симметрии зон в закиси меди. Особенно перспективным метод одноосных деформаций является для кубических кристаллов, так как они обладают самой высокой симметрией.

На пленарных заседаниях было доложено еще несколько работ по полупроводникам.

Ю. Н. Образцов развил теорию термомагнитных эффектов в полупроводниках в квантовых магнитных полях.

В докладе И. И. Бойко, Э. И. Рашбы и В. И. Шек были рассмотрены условия возможности наблюдения нового резонансного эффекта в полупроводниках, обусловленного спин-орбитальной связью.

М. И. Каганов и И. М. Лифшиц рассчитали поглощение света в металле, поверхности Ферми которого содержат точки вырождения (по-видимому, это характерно только для графита). При этом может наблюдаться своеобразный внутренний фотоэффект, отличающийся от обычного тем, что поглощение начинается с низких частот, так как имеется стык зон. При $\omega \gg 1$ коэффициент поглощения пропорционален ω^3 .

Эффект Шубникова — де-Гааза в соединениях $A^{III}B^V$ электронного типа в импульсных полях до 400 кэ исследовался Х. И. Амирановым, Р. И. Башировым, Ю. Э. Закиевым и А. Ю. Моллаевым. Для $InSb$ получилось хорошее совпадение данных по магнетосопротивлению и эффекту Холла, определена эффективная масса электронов. Результаты совпадают с теорией Адамса и Холстейна. Поперечное магнетосопротивление $GaAs$ и $InAs$ обнаруживало аномалии.

О. В. Емельяненко и Д. Н. Наследов исследовали электрические свойства арсенида галлия с концентрацией носителей $5 \cdot 10^{15} \div 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, но с различной полной концентрацией примесей, о которой можно было судить по различной подвижности у образцов с одинаковой концентрацией носителей. По максимуму на температурной зависимости постоянной Холла был сделан вывод о наличии примесной зоны; подвижность в примесной зоне экспоненциально зависела от температуры. Чем ниже была подвижность при комнатной температуре, тем ниже она была и в примесной зоне, откуда авторы заключают, что рассеяние носителей происходит на одних и тех же центрах. В области проводимости по примесной зоне было обнаружено отрицательное магнетосопротивление, линейное по полю. Так как постоянная Холла не зависит от магнитного поля, это явление не связано с изменением концентрации носителей в магнитном поле.

Большое значение приобрела в последние годы низкотемпературная методика в области чисто ядерных исследований.

Н. Е. Алексеевский, Фам Зуи Хиен, В. Г. Шапиро и В. С. Шпильнель измеряли вероятность резонансного поглощения γ -квантов с энергией 23,8 кэв в пластинках кристаллического олова, вырезанных в различных кристаллических плоскостях. При этом наблюдалось изменение формы линии Мёссбауэра, вызванное взаимодействием квадрупольного момента возбужденного ядра Sn^{119} с внутренним электрическим полем. Эффект этот существенно анизотропен, причем различно как положение, так и величина максимумов поглощения. Результаты опытов позволяют определить знак постоянной квадрупольного взаимодействия и, в принципе, значения компонент градиента электрического поля. Однако в случае олова эффект слишком мал для получения количественных результатов.

Резонансному поглощению γ -квантов с энергией 35 кэв в Te^{125} был посвящен доклад В. В. Скляревского, Б. Н. Самойлова, Е. П. Степанова, И. И. Лукашевича и Р. А. Манахова. Авторы наблюдали расщепление линий резонансного поглощения, которое они так же объясняют квадрупольным взаимодействием. Весьма интересно, что величина расщепления постоянна для химических соединений теллура, имеющих различную кристаллическую структуру.

Как отметил Ю. М. Каган, градиент электрического поля может быть связан с кристаллической решеткой, с влиянием кристаллического поля на оболочки иона и с собственным полем оболочки. До сих пор считалось, что основную роль играют первые два механизма создания неоднородного электрического поля вблизи ядра. Однако результаты доложенной работы указывают, что в случае теллура поле определяется скорее всего его собственными электронными оболочками.

В. С. Шпильнель также заметил, что постоянно градиента электрического поля в кристаллах разной симметрии трудно объяснить с точки зрения существующих представлений.

В докладе «К теории красного теплового смещения линии Мёссбауэра» Ю. М. Каган сообщил о новом подходе к теории этого эффекта. Наличие отдачи ядра приводит при γ -излучении к возникновению в решетке широкого спектра тепловых колебаний. Если учесть конкретную форму фононного спектра кристалла, то появляется как смещение линии в сторону больших длин волн, так и ее уширение. Вид полученных автором выражений зависит от того, является ли решетка регулярной, или излучающий атом — примесным. Смещение имеет заметный температурный ход, если излучающий атом тяжелый и практически не зависит от температуры для легкой примеси.

Во многих случаях уширение линии Мёссбауэра играет весьма существенную роль и уже в случае известного γ -перехода в цинке оно примерно равно сдвигу и почти полностью определяет ширину линии.

Выступивший в прениях Н. Е. Алексеевский отметил, что представленные на совещании доклады по эффекту Мёссбауэра иллюстрируют те широкие возможности, которые представляет этот метод для исследований по физике твердого тела.

Доклады «Асимметрия β -излучения некоторых ядер, поляризованных в сплаве с железом» и «Ядерная теплоемкость некоторых элементов в сплаве с железом» (А. В. Коган, В. Д. Кульков, Л. П. Никитин, Н. М. Рейнов, М. Ф. Стельмах, М. Шотт) были посвящены изучению эффективного магнитного поля ($H_{\text{эфф}}$), действующего на ядра примеси в сплавах с железом.

Исследование асимметрии β -излучения In^{114} , Re^{186} и Ir^{192} показало, что для этих элементов внутреннее поле направлено обратно намагничивающему полю. Аналогичный результат был получен ранее другими авторами для железа и для сплавов золота, кобальта и олова с железом. Удалось оценить нижний предел времени релаксации ядерных спинов для In^{114} и сведения о матричных элементах β -перехода $\text{Ir}^{192} \rightarrow \text{Pt}^{192}$.

Усовершенствование методики измерения теплоемкости позволило измерить ядерную теплоемкость сплавов рения и иридия с железом, определить величину $H_{\text{эфф}}$ и вычислить значения магнитных моментов ядер радиоактивных изотопов In^{114} , Re^{186} и Ir^{192} .

По докладам выступили Н. Е. Алексеевский, Ю. М. Каган, Б. Н. Самойлов и М. И. Каганов.

В докладе В. И. Луцкова, А. А. Маненкова и Ю. В. Тарана «Динамическая поляризация протонов в двойном лантаново-магнелиевом нитрате» сообщалось об экспериментах по динамической поляризации протонов в различных водородсодержащих соединениях. Опыты ставились с целью получения поляризованных мишеней. В двойном лантан-магнелиевом нитрате с малой добавкой парамагнитных ионов церия удалось получить усиление поляризации примерно в 170 раз по сравнению с величиной статической поляризации в тех же условиях. Для облученного нитрата усиление не превышало 10—15 кратного.

Полученные результаты сопоставлены с теорией диффузии спинов.

На совещании было представлено большое число работ, связанных с изучением свойств ферро- и антиферромагнетиков. Весьма интересны результаты измерения теплоемкости группы изоморфных антиферромагнетиков, позволившие провести количественную проверку теории спиновых волн. Были заслушаны также доклады по теории некоторых релаксационных явлений в антиферромагнетиках, об изучении магнитных превращений в хроме, исследовании нового эффекта порогового поглощения электромагнитных волн в антиферромагнетиках, связанного с переходами спиновых волн с одной ветви спектра на другую, измерения восприимчивости и электропроводности различных магнетиков.

Специальное заседание было посвящено технике получения низких температур и методике некоторых низкотемпературных измерений.

В ряде докладов были затронуты вопросы механических свойств и оптики кристаллов при низких температурах, вопросы методики создания высоких давлений и сильных импульсных магнитных полей для низкотемпературных исследований.

В последний день совещания с обзором работ, доложенных на заседаниях секций, выступили их председатели.

Как отметил в заключение председатель совещания Н. Е. Алексеевский, только такая практика сочетания пленарных заседаний с параллельно проводимыми заседаниями нескольких секций может, по мнению Ученого совета проблемы, позволить «переварить» в разумные сроки ежегодно возрастающий поток докладов по физике низких температур.

*М. С. Бреслер, А. В. Коган,
С. С. Шалыт, Г. М. Элиашберг*

