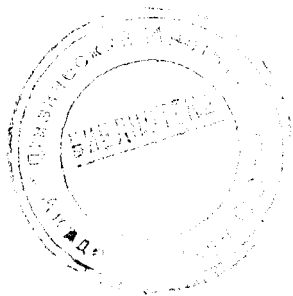


УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

Физ. 101
А

ФИЗИКА В СССР

1917—1937

Э. В. Шпольский, Москва

Великая Октябрьская революция открыла новую эпоху в развитии науки в СССР, и физика принадлежит к числу тех наук, для которых историческая дата Октября 1917 г. является особенно значительной. В самом деле, оглядываясь назад на развитие физики в России, нетрудно убедиться в том, что вклад, сделанный русскими физиками в развитие их науки, до 1917 г. был весьма скромным. Причина этого, разумеется, не в отсутствии талантов, — их в многомиллионной массе народов СССР всегда было достаточно, — а в культурной и технической отсталости старой России. Историю физики в России до второй половины XIX столетия было бы трудно написать, так как не было самого главного — преемственности. Поэтому, если и появлялся из глубины народных масс гений, каким был, например, Ломоносов, то он оставался непонятым и одиноким; он не имел в своей стране ни предшественников, ни непосредственных продолжателей. Если же крупный ученый призывался с Запада, то он также не находил себе почвы в России и продолжал работать для Запада. Достаточно вспомнить, что Эйлер был членом Петербургской академии, но его труды, широко использованные за границей, не нашли никакого отклика в России.

На протяжении XIX столетия можно указать немногие имена крупных ученых, обогативших физику ценными работами или открытиями. Василий Петров, профессор Медико-хирургической академии в Санкт-Петербурге, построивший „наипаче огромную вольтову батарею“, изобрел в 1803 г. вольтову дугу. Но это открытие осталось мало известным, и историческая традиция связала его с другим именем — Г. Дэви, — независимо от Петрова построившего вольтову дугу. А. Г. Столетову принадлежат образцовые исследования фотоэффекта, сыгравшие большую роль в уяснении природы этого важного явления. А. С. Попов в 1899 г., несколько раньше Маркони, впервые осуществил радиотелеграфирование между Петербургом и Кронштадтом, но это открытие, так же как в свое время открытие Василия Петрова, осталось незамеченным и не было использовано. Разу-

меется, этими тремя именами не исчерпывается вся русская физика XIX столетия, но много имен к ним прибавить было бы затруднительно (можно назвать Голицына, Авенариуса, Ленца).

Это слабое развитие физики в России XIX столетия — не случайность. Физика в ней не имела никакой почвы. Убогая техника и промышленность дореволюционной России, в значительной степени находившаяся в руках иностранных капиталистов или малокультурных русских купцов, не нуждалась в своей собственной физике как базе для развития. Передовой ученый-физик в России был страшно одинок, у него не было среды, у него, в конце концов, не было достаточных средств для развития своей работы. Вот почему даже в начале XX столетия, когда стало намечаться заметное оживление в области физики, в России почти не у кого было учиться, и большинство крупных физиков предреволюционной России (Лебедев, Михельсон, Гольдгаммер) свое научное образование получило за границей.

Некоторый поворот намечился, как сказано, только в XX столетии. В Петербурге, Москве, Одессе и некоторых других городах были выстроены университетские физические институты по европейскому образцу. Ряд крупных ученых (Умов, Лебедев, Эйхенвальд, Гольдгаммер, Колли) занимал университетские кафедры. Особенная заслуга в развитии дореволюционной физики в России принадлежит П. Н. Лебедеву, не только обогатившему науку своими собственными классическими работами, но и впервые создавшему в Москве настоящую научную лабораторию. Из его школы вышел ряд ученых, многие из которых известны всему Союзу (П. П. Лазарев, Т. П. Кравец, В. К. Аркадьев, А. К. Тимирязев, В. И. Романов, Н. Н. Андреев, А. Б. Млодзеевский, В. Д. Зернов).

Одновременно с этим в тогдашнем Петербурге появился ряд ярких ученых (А. Ф. Иоффе, Д. С. Рождественский, П. С. Эренфест), внесших сильное оживление в затхлую научную атмосферу чиновнического Петербурга.

РАЗВИТИЕ СЕТИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИНСТИТУТОВ

Характерной чертой развития физики до революции было то, что физика была университетской наукой. Отдельные физики и целые лаборатории были непосредственно связаны либо с университетами, либо — в более редких случаях — с техническими высшими школами (например, известные работы А. А. Эйхенвальда были выполнены в лаборатории Московского инженерного училища). Таким же по преимуществу был путь развития физики и за границей.

Подобная организация научной работы наряду с некоторыми преимуществами имеет и весьма существенные недостатки. Если раньше, в XIX столетии, физик мог работать в скромной лаборатории высшей школы, то в настоящее время для работы в большинстве областей физики требуется постановка эксперимента на весьма высоком техническом уровне и нередко в столь большом масштабе, что для лабораторий высшей школы он не осуществим.

Достаточно напомнить работы в области ядерной физики, где экспериментальные установки часто требуют специальных зданий, или работы П. Л. Капицы с сильными магнитными полями, организация которых потребовала весьма значительных денежных средств и обширных помещений. Кроме этого, физик-профессор имеет обычно значительную нагрузку в виде лекций и экзаменов, — нагрузку, которая для многих выдающихся ученых была обременительной. Вот почему уже перед революцией возникла мысль о создании специальных научно-исследовательских физических институтов, не связанных с высшей школой.

П. Н. Лебедев, который был вынужден в 1911 г. уйти из университета вследствие разгрома его министром народного просвещения, писал по этому поводу: „Большие физические лаборатории, исключительно предназначенные для научных исследований, уже давно существуют на Западе — в Англии, Германии и Америке. Неуклонно разрабатывая научные вопросы, они, как показал опыт, совершенно негладким образом обогащают технику.... К сожалению, у нас такой национальной физической лаборатории пока не существует, но и потребность в ней и необходимые ученые силы налично. Вот почему русскому обществу следует озаботиться создать такую лабораторию, предварительно обсудив размер и характер этого нового учреждения“ (П. Н. Лебедев, Собрание сочинений, Москва 1913, стр. 353—354).

Однако, царское правительство никак не откликнулось на этот призыв и только в порядке общественной инициативы было создано „Московское общество научного института“ и на собранные частные пожертвования приступлено к организации в Москве исследовательского физического института.

К сожалению, П. Н. Лебедев, скончавшийся в 1912 г., этого института не увидел и после ухода из университета вынужден был работать в скромной лаборатории Городского университета им. Шанявского.

С самого начала революции организация научно-исследовательских институтов по физике была предпринята в широком масштабе. В 1918 г., в разгаре борьбы с контрреволюцией и интервенцией, с многочисленными хозяйственными затруднениями, доставшими революции в наследство от мировой империалистической войны и царского правительства, были созданы крупнейшие институты, быстро переведшие научную работу по физике на совершенно иной уровень. При поддержке Наркомздрава в 1918 г. П. П. Лазарев организовал в Москве Институт физики и биофизики. Этот институт вел широкую работу в различных областях физики (молекулярная физика, акустика, фотохимия), биофизики (физиология органов чувств) и геофизики. Приблизительно одновременно в Ленинграде было основано два крупнейших института: рентгеновский и оптический. Первый институт с самого начала имел два больших отделения: медико-биологическое (М. И. Неменов) и физико-техническое (А. Ф. Иоффе). По мере развития института эти отделы становились все менее и менее связанными, и, в конце концов, из

физико-технического рентгеновского отдела вырос мощный Физико-технический институт, сыгравший выдающуюся роль в развитии советской физики. Оптический институт, основанный небольшой группой энтузиастов научной и прикладной оптики во главе с Д. С. Рождественским и имевший в начале своего существования скромные размеры, быстро вырос в самый большой в мире институт, обогативший науку многими важнейшими исследованиями, а хозяйство нашей страны — ценными практическими достижениями. Наряду с этими институтами возник специальный институт для изучения радия — Государственный радиевый институт — и целая система так называемых отраслевых научно-технических институтов, которые нередко являются по существу институтами технической физики. Некоторые из них (например, Всесоюзный электротехнический институт), подобно Оптическому институту, являются первыми в мире по своим масштабам и богатству оборудования.

Особенно быстрый рост испытала система физических и физико-технических институтов с начала первой пятилетки. Необычайно выросшие запросы социалистической техники, внимание и забота партии и правительства — все это создавало исключительно благоприятные условия для развития физики в СССР. Именно в этот период, наряду с Ленинградским физико-техническим институтом, была создана целая сеть физико-технических институтов и сотни заводских лабораторий. Большие институты были созданы в Томске (Сибирский физико-технический институт), в Харькове (Украинский физико-технический институт), в Днепропетровске, в Свердловске.

Некоторые из этих институтов быстро выросли в мощные и богато оборудованные научно-исследовательские учреждения. Так например, Украинский физико-технический институт осуществил ряд превосходных лабораторий, а именно: лабораторию для изучения ядерных процессов, лабораторию низких температур, лабораторию электрических колебаний. Сам Ленинградский физико-технический институт в 1932 г. выделил из себя новый крупный институт — Институт химической физики. Наряду с этим университетские физические институты в Москве и в Ленинграде развились в самостоятельные большие исследовательские институты; в Киеве, при Украинской Академии наук был создан Исследовательский физический институт.

С переездом Всесоюзной Академии наук из Ленинграда в Москву небольшой Физический институт Академии наук СССР превратился в крупный научный центр теоретической работы по физике. Наконец, в самое последнее время при той же Академии наук создан своеобразный Институт физических проблем, где П. Л. Капица продолжает свои исследования в области интенсивных магнитных полей и низких температур, — исследования, — доставившие ему мировую известность. Рассчитанный на небольшое число научных работников этот институт блестяще оборудован и предоставляет своим работникам неограниченные возможности в постановке исследований¹⁾

¹⁾ Подробное описание этого института см. в особой статье А. И. Шальникова, печатаемой в этом номере.

В результате, к двадцатой годовщине революции, мы имеем разветвленную сеть физических, физико-технических и отраслевых технических институтов, и целая армия научных работников занята в них изучением многообразных проблем теоретической и прикладной физики. Постановление партии и правительства от 23 июня 1936 г. открывает новые возможности развития научной работы и перед вузовскими кафедрами, которые должны включиться в строй научно-исследовательских учреждений. Затраты на научно-исследовательскую работу по всем специальностям достигают миллиарда рублей и из них немалая доля идет на работу по физике, принадлежащей к числу наиболее „дорогих“ наук.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Дать полный обзор всех результатов, полученных советскими физиками, в одной статье, написанной одним автором, — задача невыполнимая. Не стремясь к исчерпывающей полноте, мы попытаемся охарактеризовать наиболее существенные результаты, уже вошедшие в обиход мировой науки.

Основная проблема современной физики — проблема строения вещества — широко и интенсивно разрабатывалась советскими физиками. Период от 1917 г. до настоящего времени характеризуется блестящим развитием теории строения атома. В этом развитии, особенно в его последних стадиях, после создания новой квантовой механики, советские физики-теоретики приняли активное и плодотворное участие. Здесь прежде всего необходимо отметить работы, касающиеся различных проблем квантовой механики. Как известно, уравнение Шредингера для многих тел в принципе позволяет рассчитать структуру любого атома, каково бы ни было число его электронов. Однако по мере возрастания количества электронов задача весьма быстро становится математически настолько сложной, что точное разрешение ее невозможно. Для того чтобы иллюстрировать эту сложность, достаточно напомнить пример, приведенный В. А. Фоком: для нахождения уровней энергии атома натрия, содержащего 11 электронов, требуется найти 2048 функций от 33 переменных каждая, а для атома меди с 29 электронами нужно отыскать уже свыше полумиллиарда функций от 87 переменных каждая. Ясно, что это — задача, практически неразрешимая. В. А. Фок разработал приближенные методы, позволяющие достаточно быстро и с вполне удовлетворительной точностью решать подобные задачи. Первый метод Фока, представляющий значительное усовершенствование метода, предложенного Хартри, является в настоящее время необходимым орудием для всех физиков-теоретиков, занимающихся расчетом структуры электронной оболочки атома. При помощи этого метода сотрудниками В. А. Фока в Государственном оптическом институте рассчитаны атомы лития (3 электрона) и натрия (11 электронов), причем вычисленные значения отличаются от

экспериментальных всего на 1—2%. Второй метод Фока, основанный на симметрии водородоподобных атомов, дает несколько менее точные результаты, но отличается замечательным изяществом и значительно сокращает вычисления. Этим методом уже рассчитаны атомы натрия, алюминия, меди и цинка.

Большое значение имеют работы В. А. Фока в области квантовой электродинамики. Основываясь на идее о том, что всякое взаимодействие между частицами происходит не непосредственно путем „дальнодействия“, но через посредство взаимодействия этих частиц с окружающим полем, т. е. со световыми квантами, Фок построил весьма общую теорию, включающую собственно квантовую механику, т. е. законы взаимодействия электронов и ядер, а также законы взаимодействия заряженных частиц со световыми квантами, т. е. теорию излучения.

Быть может, любопытнее всего то, что из этой теории автоматически получаются и обыкновенные кулоновы электростатические силы. Если вспомнить, что в основе теории лежит идея о том, что всякое взаимодействие происходит исключительно через посредство окружающего поля, то можно сказать, что в соответствии с духом современной физики в этой теории электростатические взаимодействия рассматриваются не как силы „дальнодействия“, но как силы „ближкодействия“. Таким образом можно сказать, что теория Фока представляет собой модернизированную теорию „ближкодействия“, охватывающую обширный круг весьма разнородных явлений.

К тому же кругу общих проблем современной физики относятся работы Л. Д. Ландау, опубликованные им совместно с Р. Пайерлсом. В этих работах дан глубокий анализ таких понятий, как „измерение“ в квантовой механике, и намечены те изменения, которым должны будут подвергнуться в будущей релятивистской теории квантов привычные элементарные понятия физики.

Квантовая механика занимается не только общими принципиальными проблемами физической науки и не только вопросами, связанными со строением электронной оболочки атомов и молекул. Она оказалась необычайно плодотворной в применении к разнообразнейшим физическим явлениям. И в этом направлении советскими физиками сделано немало. Мы приведем здесь лишь несколько характерных примеров. Как известно, одно из первых применений квантовая механика нашла в теории электрических свойств металлов. Я. И. Френкелем была впервые дана волномеханическая теория электрического сопротивления металлов. Теории металлов был посвящен также ряд работ И. Е. Тамма, который дал и теорию фотоэлектрических явлений.

Другим примером плодотворного применения методов квантовой механики может служить проблема природы химических сил. Силы гомеополярной химической валентности в рамках классической физики не поддавались объяснению. Впервые Гейтлеру и Лондону на примере водородной молекулы удалось показать, что эти силы гомеополярной валентности являются проявлением совершенно своеобразных „волномеханических“ обменных сил, которые не имеют

аналогии в классической физике, но существование которых автоматически вытекает из особенностей волнового уравнения материи и полной тождественности электронов. Эта идея послужила толчком к созданию целой новой области — квантовой химии, имеющей своей задачей объяснение электронной структуры химических молекул. В этой области советским физикам принадлежит ряд важных работ, среди которых нужно указать работы Румера и Гельмана.

От электронной оболочки атомов и молекул мы переходим к атомному ядру, которое в настоящее время является центральной проблемой физики. С ядерными процессами нас впервые познакомили явления радиоактивности. Но какова природа этих явлений, каков механизм радиоактивного распада? Почему уран имеет период полураспада 10^{-18} сек., а радий C' , отстоящий от урана всего на несколько мест в периодической системе, имеет период всего в 10^{-5} сек.? Ответа на эти вопросы не было до сравнительно недавнего времени. Впервые теория радиоактивного α -распада была дана советскими физиками. Основная идея, лежащая в основе этих работ, была высказана в общем виде Л. И. Мандельштамом и М. А. Леонтовичем, удачно использовавшими формальную аналогию между поведением световых волн при полном внутреннем отражении на границе двух сред и поведением элементарных частиц, подчиняющихся волновому уравнению Шредингера. На основе этой идеи была затем дана полная теория радиоактивного α -распада. Использованный в этих работах круг представлений, понятие о „потенциальном барьере“ ядра и о прохождении частиц через „запретные области“, прочно вошел в оборот современной физики, а самая теория излагается уже во всех учебниках и популярных книгах.

Мощный толчок экспериментальному изучению атомного ядра, как известно, был дан работами Резерфорда и его сотрудников над искусственным преобразованием атомных ядер. Как только Коккрофту и Уолтону удалось осуществить искусственное преобразование лития быстрыми протонами, опыты эти были воспроизведены в двух лабораториях Союза: в Украинском физико-техническом институте в Харькове А. К. Вальтером и К. Д. Синельниковым и в Ленинградском физико-техническом институте И. В. Курчатовым. В случае лития распад ядра осуществляется уже при относительно невысоких ускоряющих потенциалах, но для разрушения более тяжелых ядер требуются ускоряющие поля в сотни тысяч и даже миллионы вольт. Отсюда естественно вытекала задача — осуществить современные высоковольтные лабораторные установки. Эта нелегкая задача с наибольшим успехом разрешена в Харьковском физико-техническом институте, где в последнее время удалось построить электростатический генератор, дающий свыше 4 миллионов вольт, и импульсный генератор, дающий также до 4 миллионов вольт.

С открытием нейтрона были найдены совершенно новые возможности для искусственного преобразования ядер. Нейтрон не имеет заряда, и потому потенциального барьера для него не существует.

При помощи нейтронов осуществлено большое количество ядерных реакций, и Ферми с сотрудниками удалось получить таким образом большое число искусственно радиоактивных изотопов. При изучении искусственных преобразований под действием нейтронов И. В. Курчатовым был получен ряд интересных и принципиально важных результатов. Так например, во всех исследованных до работ Курчатова случаях получавшееся искусственно радиоактивное ядро испытывало однократное превращение, заканчивавшееся устойчивым ядром. При облучении нейтронами рутения И. В. Курчатову удалось наблюдать целую цепь β -превращений возникающего радиоактивного изотопа Ru^{105} , в полной аналогии с естественно радиоактивными преобразованиями. Далее, при изучении искусственно радиоактивных изотопов брома, получаемых нейтронной бомбардировкой, было обнаружено, что получается три различных радиоактивных изотопа, тогда как можно было ожидать возникновения только двух, так как бром имеет всего два устойчивых изотопа: Br^{79} и Br^{81} . Курчатовым было высказано предположение о возможности существования ядер-изомеров, т. е. таких ядер, которые при совершенно тождественном составе обладают различным строением, а потому и различной степенью устойчивости. Очень интересно, что в самое последнее время Боте и Гентнер получили также три радиоактивных изотопа брома обратной операцией — отщеплением нейтронов от устойчивых изотопов брома Br^{79} и Br^{81} под действием жестких γ -лучей. Это показывает, что объяснение Курчатова правильно и что, таким образом, им открыт факт большой принципиальной важности.

Замечательные свойства медленных нейтронов, обладающих особенно высокой вероятностью проникновения в ядра, исследованы в работах П. И. Лукирского в Ленинграде, а также Лейпунского в Харькове. Воспользовавшись богатыми средствами лаборатории низких температур УФТИ, Лейпунский имел возможность „заморозить“ нейтроны до очень низких температур (до $20^{\circ},4\text{ K}$) и обнаружил при этих условиях ряд интересных и принципиально важных явлений.

Для понимания природы и структуры атомного ядра существенно изучение энергетических уровней ядра. Сведения о них можно получить, изучая спектры γ -лучей. Подобно тому как спектроскопия видимых и ультрафиолетовых лучей дала обильный материал, на котором базируется теория структуры электронной оболочки атома, можно рассчитывать, что спектроскопия γ -лучей даст ключ к изучению структуры ядра. Неожиданный путь к установлению энергетических уровней ядра был открыт, когда была понята связь между γ -лучами и так называемыми длиннопробежными α -частицами. Последние „ускользают“, проходя через потенциальный барьер с высоких энергетических уровней. Таким образом, сравнивая энергии нормальных и длиннопробежных α -частиц, можно прямо найти разность соответствующих энергетических уровней, которая оказывается равной энергии кванта испускаемых γ -лучей.

Другой путь связан с изучением спектров γ -лучей. Однако вследствие малой длины волны γ -лучей обычные методы рентгеновской спектроскопии здесь оказываются неприменимыми. Приходится прибегать к изучению скоростных спектров электронов, создаваемых γ -лучами, и отсюда косвенным путем находить спектр самих γ -лучей. Д. В. Скобельцын удачно использовал для этой цели измерение энергии комптоновских электронов, получающихся при рассеянии γ -лучей. Помещая камеру Вильсона в равномерное магнитное поле, он загибал траектории комптоновских электронов и по радиусам кривизны мог непосредственно определять энергию этих электронов. Этот метод в руках самого Скобельцына дал большой материал, относящийся к спектрам γ -лучей, и получил широкое распространение. Изучение комптоновских электронов, возникающих в камере Вильсона при прохождении через нее γ -лучей, дало возможность Скобельцыну решить важный вопрос о правильности формулы для абсорбции γ -лучей, установленной Клейном и Нишиной при помощи релятивистского волнового уравнения Дирака.

Изучая комптоновские электроны в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, Скобельцын впервые открыл „ультра- β -частицы“ огромной энергии, которые оказались частицами космических лучей. Вместе с тем он обнаружил, что такие частицы имеют тенденцию появляться одновременно группами. Однако магнитные поля, применявшиеся Скобельцыным, были недостаточны для того, чтобы изогнуть траектории этих частиц и определить их энергию. Воспользовавшись методом Скобельцына, но применяя значительно более интенсивные магнитные поля, Андерсон в Америке, Кунце в Германии и Блэкет в Англии не только подтвердили наблюдения Скобельцына, но и открыли новую элементарную частицу — позитрон. Парные траектории, наблюдавшиеся Скобельцыным, оказались частным случаем явления „ливней“ частиц, впервые в большом масштабе открыто Блэкетом и Оккиалини.

Открытие позитрона дало толчок к обнаружению целого ряда новых поразительных явлений. Позитрон — частица совершенно особого рода. Он обладает способностью „рождаться“ одновременно с электроном под действием жестких γ -лучей и, наоборот, при встрече с электроном „аннигилирует“, давая начало, в большинстве случаев, двум γ -квантам. Изучению этих процессов возникновения позитронов в поле атомных ядер и „аннигиляции“ их был посвящен ряд работ Алиханова с сотрудниками. А. И. Алиханов, А. И. Алиханян и Л. А. Арцимович показали, что в процессе аннигиляции действительно излучаются два фотона, разлетающихся в прямо противоположных направлениях. Принципиальное значение этого опыта состоит в том, что он с полной отчетливостью показывает применимость закона сохранения количества движения к элементарным актам. Опыт был особенно своевременен, так как он был произведен в момент сенсации, вызванной опытами Шенкланда (оказавшихся неправильными), из которых будто бы вытекала неприменимость законов сохранения к элементарным актам рассеяния фотонов электронами. — Остроумная комбинация метода

магнитной фокусировки с методом двух счетчиков, работающих на совпадениях, осуществленная А. И. Алихановым и М. С. Кородаевым, позволила с удобством изучать чрезвычайно слабые и редкие явления. Таким путем Алихановым с сотрудниками был детально изучен упомянутый процесс рождения позитронов в поле атомных ядер. Были исследованы разнообразные стороны этого явления; его

зающий след — упругое последействие. Как объяснить это противоречие? Прежде всего, твердые тела, в которых наблюдается последействие, усталость и другие явления, на самом деле вовсе не являются однородными кристаллами. А. Ф. Иоффе в одной из своих ранних работ показал, что в кристалле кварца истинного последействия и не наблюдается. Таким образом все явления, происходящие за пределом упругости, являются результатом физической неоднородности твердого тела.

При достаточной величине деформации твердое тело начинает течь, как вязкая жидкость. Механизм такой пластической деформации также раскрыт А. Ф. Иоффе, который впервые применил с этой целью рентгенографический анализ, наблюдая на флуоресцирующем экране картину Лауэ при растяжении каменной соли. Оказалось, что когда растягивающее усилие переходит известный предел (предел текучести), пятна рентгенограммы внезапно раздваиваются, затем умножаются и, наконец, вытягиваются в целые хвосты. Это показывает, что механизм пластической деформации заключается в том, что цельный кристалл распадается на отдельные мелкие кристаллики, которые смещаются и поворачиваются относительно друг друга. Эти работы А. Ф. Иоффе дали толчок развитию целой новой области (рентгенографический анализ пластической деформации), которой посвящены сотни работ, выполненных во всех странах. Мы не имеем возможности здесь охарактеризовать многочисленные дальнейшие работы учеников и сотрудников А. Ф. Иоффе в этом направлении. Отметим только два факта. Во-первых, И. В. Обреимов при помощи разработанного им тонкого оптического метода показал, что сдвиги по определенным кристаллографическим плоскостям начинаются задолго до появления искажений в рентгеновской картине. Во-вторых, А. Ф. Иоффе обнаружил, а М. В. Классен-Неклюдова детально исследовала совершенно новый эффект: прерывистость процесса деформации. При непрерывно приложенной нагрузке деформация идет скачками, повторяющимися через поразительно одинаковые промежутки времени и сопровождающимися легким звуком, напоминающим тикание часов. Явление это изучалось целым рядом советских ученых (Н. Н. Давиденков, Степанов), а также за границей. Теория его была дана Н. Давиденковым и М. Классен-Неклюдовой.

Механическим свойствам твердых тел было посвящено большое количество работ, выполненных также и в других лабораториях. Отметим здесь многочисленные работы В. Д. Кузнецова и его сотрудников. Ими были разработаны удобные методы измерения твердости и других механических констант твердых тел, изучено влияние различных факторов на предел упругости, пластическую

их авторов. Мы отметим лишь несколько работ, носивших пионерский характер. С. Т. Конбеевскому и Н. Е. Успенскому принадлежит первая в литературе обстоятельная работа по применению рентгенографического анализа к изучению внутреннего механизма процессов обработки металла (вальцовка). Н. Я. Селяков и Г. В. Курдюмов впервые показали, что закаленная сталь имеет кристаллическую решетку, отличную от решетки железа. Г. В. Курдюмову принадлежат важные работы, посвященные механизму превращений в сплавах. Им организована в Днепропетровске большая лаборатория и создана целая школа физиков, занимающихся с большим успехом изучением этих важнейших для металлургии вопросов. Нельзя не отметить также и большую культурную работу, проделанную в этой области. Рентгенографический анализ является в настоящее время незаменимым подспорьем всякого производства. Рентгеновская лаборатория на заводе, особенно на металлургическом, выполняет весьма важную функцию. Благодаря развитию у нас работ в области рентгенографического анализа заводские рентгеновские лаборатории получили кадры подготовленных работников, и в самой организации этих лабораторий, в пропаганде их важности на производстве была проделана значительная работа.

Очень большое внимание в СССР и за границей привлекли работы А. Ф. Иоффе по изучению прочности твердых тел. Теория кристаллической решетки, разработанная Борном, давала возможность вычислить, какие усилия необходимы для разрыва кристаллов. Эти вычисленные значения усилий оказались во много раз больше реально наблюдаемых. Так, каменная соль теоретически должна выдерживать напряжения до 200 кг/мм^2 , тогда как на самом деле она разрывается при нагрузке всего в 400 г/мм^2 . А. Ф. Иоффе показал, что это расхождение объясняется свойствами поверхности кристалла. Погрузив кристалл каменной соли в теплую воду, он достиг упрочнения его в 10—12 раз. А. Ф. Иоффе объяснил это упрочнение растворением поверхностного слоя и уничтожением таким путем поверхностных трещинок, сильно понижающих предел прочности. Работы эти произвели большое впечатление во всем мире и вызвали острую полемику. Факт упрочнения при этом был вполне подтвержден, но объяснение его, данное А. Ф. Иоффе, оспаривалось рядом физиков. Выяснению этого вопроса был посвящен длинный ряд работ как у нас, в СССР, так и за границей. На этих работах мы останавливаться не можем, тем более, что вопрос этот многократно освещался на страницах нашего журнала. Отметим только работы П. А. Ребиндера, независимым путем показавшего, какую огромную роль в прочности образца играют поверхностные условия: введение на поверхность ничтожного количества поверхностно активных веществ во много раз снижает прочность.

Электрические свойства твердых тел также подверглись разностороннему исследованию, главным образом со стороны А. Ф. Иоффе и его сотрудников. Запутанная картина, наблюдающаяся при прохождении тока через диэлектрик, в значительной степени

выяснена этими работами. Оказалось, что в различных аномалиях повинны объемные заряды, скопляющиеся в различных местах. Так например, уменьшение силы тока с течением времени, наблюдающееся в большинстве диэлектриков, объясняется возникновением обратной электродвижущей силы, обусловленной объемными зарядами, скопляющимися вблизи электродов. Присутствие ничтожного количества посторонних примесей ведет к скоплению возле них ионов, создающих объемный заряд и осложняющих картину прохождения тока.

Изучение электрических свойств диэлектриков дало толчок к изучению важной для техники проблемы электрической прочности. Обнаруженное А. Ф. Иоффе возникновение полей огромной интенсивности (порядка нескольких миллионов V/cm) в тонких слоях (порядка 10^{-3} мм) около электродов показывало, что диэлектрик способен выдерживать поля, значительно превышающие известный из практики предел электрической прочности материалов. С другой стороны, из теоретических соображений можно было ожидать, что значительное уменьшение толщины изолирующего слоя должно сильно повысить его электрическую прочность. Отсюда попытки создания „тонкослойной изоляции“, отличающейся особенно благоприятными свойствами. Эти ожидания на практике не оправдались, но огромная работа, сделанная в связи с изучением проблемы электрической прочности, как с теоретической (так называемая „тепловая теория“ пробоя, развитая Н. Н. Семёновым и В. А. Фоком), так и с экспериментальной точек зрения (работы А. Ф. Вальтера, Б. М. Вула и др.), представляет весьма значительный вклад в науку.

С иных точек зрения и также с большим успехом изучается та же проблема электрической прочности твердых тел московской группой физиков под руководством Ф. Квитнера (Всесоюзный электротехнический институт).

Наряду с проблемой проводимости изоляторов и металлов за последние годы выдвинулась в качестве чрезвычайно важной в научном и техническом отношении проблема электронных полупроводников. Полупроводник занимает промежуточное положение между диэлектриком и металлом. Поэтому изучение полупроводников необходимо для уяснения механизма прохождения тока в том и другом классе твердых тел. С технической точки зрения изучение полупроводников важно, так как они нашли себе широкое применение в качестве выпрямителей и фотоэлементов. Изучению полупроводников было посвящено значительное количество работ, выполненных как в Ленинградском физико-техническом институте (А. Ф. Иоффе, Д. Н. Наследов и др.), так и в Физическом институте ВУАН (А. Г. Гольдман). Не останавливаясь, за недостатком места, на их характеристику, отметим теоретические работы Я. И. Френкеля, А. Ф. Иоффе и Я. И. Френкеля и экспериментальные работы Д. Н. Наследова, А. Г. Гольдмана и его сотрудников и др.

Совершенно своеобразные явления были открыты И. В. Курчато-

вым при изучении электрических свойств сегнетовой соли и некоторых смешанных кристаллов. Оказалось, что эти вещества ведут себя в электрическом поле совершенно аналогично тому, как ферромагнетики — в магнитном. Их диэлектрическая постоянная имеет огромные значения (у сегнетовой соли до 200 000), зависимость диэлектрической постоянной от температуры совершенно аналогична зависимости магнитной проницаемости ферромагнетиков от температуры, они обнаруживают гистерезис и т. д. Это в высшей степени замечательное явление, названное Курчатовым сегнето-электричеством, было подвергнуто разностороннему исследованию и была дана его теория. Едва ли можно сомневаться в том, что, подобно ферромагнетикам, сегнето-электрики найдут себе обширные применения в технике.

Наконец, проблема электрической проводимости в газах за последние годы приобрела выдающийся интерес как с теоретической, так и с прикладной точек зрения. С одной стороны, большие успехи в области исследования строения вещества и разработка тончайших экспериментальных методов позволили поставить вопрос об элементарных процессах при газовом разряде, с другой стороны, роль газового разряда в различных электро-вакуумных приборах (усилители, тиратроны, газотроны и т. д.) и интенсивная разработка вопросов, связанных с конструированием новых экономичных источников света, привлекли внимание к изучению макроскопических характеристик газового разряда. Из работ советских физиков в этой области отметим работы Н. А. Капцова (зажигание газового разряда, корона), Г. В. Спивака (роль метастабильных атомов в газовом разряде, теория зондов, коэффициенты аккомодации), Н. Д. Моргулиса (катодное распыление). Из работ, связанных с проблемой построения экономичных газосветных ламп, необходимо отметить работы В. А. Фабриканта (излучение разряда в парах металлов), Б. Н. Клярфельда, А. М. Шемаева.

От характеристики работ, посвященных изучению электрических свойств вещества, перейдем к работам, посвященным явлениям магнетизма. Замечательное свойство электронов, состоящее в том, что газ свободных электронов должен обладать парамагнетизмом, было впервые отмечено Я. Г. Дорфманом. В своей широко известной работе В. Паули (Швейцария) показал позднее, что это свойство свободных электронов является одним из важнейших доказательств правильности современной квантовой теории металлов. Но квантовая механика ведет и к другому выводу: Л. Д. Ландау показал, что газ свободных электронов в металле, наряду с парамагнитной, должен обладать и диамагнитной восприимчивостью. Этот вывод Ландау, несмотря на всю его парадоксальность, получил всеобщее признание.

Важнейшей проблемой в учении о магнетизме является вопрос о природе ферромагнетизма. Уже довольно давно Вейсс (Швейцария) показал, что явления ферромагнетизма свидетельствуют о существовании особого молекулярного поля, но природа этого поля долгое время оставалась загадочной. Я. И. Френкель впервые

усмотрел здесь проявление специфических квантово-механических обменных сил, играющих выдающуюся роль в разнообразнейших атомных явлениях. Опубликованная вскоре после этого Гейзенбергом теория ферромагнетизма, основанная на той же физической гипотезе, получила в настоящее время всеобщее признание.

Крупный шаг в изучении ферромагнетизма был сделан благодаря работам Н. С. Акулова и его сотрудников. В 1928 г. Акуловым была найдена замечательная закономерность, которая позволяет рассчитывать основные физические свойства ферромагнитных кристаллов, а именно — электропроводность, термоэлектродвижущую силу, изменение формы кристалла при действии магнитного поля и др. Эта закономерность получила в настоящее время в физической литературе название „закона анизотропии“. Далее Акуловым была дана полная теория кривой намагничивания монокристаллов и поликристаллических тел. Эта теория получила всеобщее признание и излагается не только в специальных монографиях, но и в общих руководствах (например, в книге Беккера по электронной теории и в учебнике Мюллера-Пулье). На основании „закона анизотропии“ и при помощи специального статистического метода, разработанного Акуловым и Кондорским, Акулов дал, наконец, теорию различных гальваномагнитных эффектов (эффекты Нернста, Холла-Томсона, Ричи-Ледюка и др.).

Обширная область теоретической и прикладной оптики весьма интенсивно разрабатывалась советскими учеными. Изучение оптических спектров — один из важнейших экспериментальных методов исследования строения атомов и молекул. Эмпирические данные о спектрах представляют собой ту почву, на которой выросла и окрепла современная атомная физика. Именно на этих данных проверялись все ее выводы. В свою очередь развитие квантовой физики оказало огромное влияние на спектроскопию. Из хаотической груды эмпирического материала последняя обратилась в стройную дисциплину, доставляющую важнейшие и надежные данные об энергетических состояниях атомов и молекул.

Из работ по атомной спектроскопии укажем прежде всего работы Д. С. Рождественского, посвященные спектрам сложных атомов. Эти работы, появившиеся в период расцвета теории Бора, установили целый ряд важнейших фактов. На примере атома лития было показано, что хотя энергетические уровни атома с несколькими электронами существенно отличаются от соответствующих уровней одноэлектронного атома, все же можно утверждать, что и возникновение спектров этих сложных атомов обязано движениям одного валентного электрона. В этих же работах был намечен важнейший спектроскопический закон — закон смещения, — согласно которому „искровые“ спектры атомов аналогичны дуговым спектрам атомов, предшествующих данному в периодической

системе; в них же впервые был правильно интерпретирован сложный спектр неона и т. д.

Исследование атомных спектров — не единственный путь к нахождению энергетических уровней. Метод электронного удара, получивший блестящее развитие за границей в руках Франка и Герца, Фута и Молера и др., прямым путем позволяет экспериментально устанавливать энергетические состояния атомов и молекул. Этот метод в несколько измененном виде был применен В. Н. Кондратьевым, а также Кондратьевым и Лейпунским к изучению критических потенциалов и элементарных процессов при возбуждении молекул J_2 и N_2 . Для изучения продуктов ионизации в тех случаях, когда эти продукты получаются в невозбужденном состоянии и, следовательно, когда нет возможности отождествить их по спектрам, В. Кондратьевым и Н. Н. Семеновым был применен метод масс-спектрографа, одновременно и независимо разработанный Демстером и Смайсом в Америке. Но еще более тонким средством является метод оптического возбуждения атомов, придуманный Вудом и впервые широко использованный в образцовых работах А. Н. Теренина. Благодаря различным усовершенствованиям, внесенным А. Н. Терениным в экспериментальную методику, ему удалось детально исследовать таким путем целый ряд атомов — ртути, кадмия, таллия, свинца, висмута, цинка — и дать полученным результатам совершенно отчетливую теоретическую интерпретацию. А. Н. Терениным изучено и так называемое члупенчатое возбуждение атомов, т. е. процесс, при котором уже возбужденный атом ртути, поглощая второй квант, переходит на вышнее высокий уровень энергии и затем излучает. Этот метод позволяет полностью проверить всю схему уровней энергии атома. Учен Н. Терениным же (совместно с Л. Н. Добрецовым) было впервые открыто сверхтонкое строение D-линий натрия. Из других спектроскопических работ, выполненных в Государственном оптическом институте, укажем работы С. Э. Фриша по сверхтонкому расщеплению спектральных линий. Как известно, обычная тонкая структура линий впервые с полной ясностью показала, что электрону, помимо трех степеней свободы, присущих материальной точке, необходимо приписать еще четвертую степень свободы, которая голландскими физиками Юленбеком и Гаудсмитом была отождествлена с собственным моментом количества движения электрона — с его спином. Совершенно аналогичным образом сверхтонкое расщепление линий указывает на существование спина атомного ядра и дает метод к его количественному определению. В работах С. Э. Фриша было исследовано сверхтонкое расщепление линий для целого ряда элементов (таллия, кальция, стронция, бария) и были получены результаты, важные для теории атомного ядра.

Если изучение атомных спектров является базой для исследования строения атомов, то изучение молекулярных или „полосатых“ спектров играет такую же роль для молекул. Это изучение дает также тончайший метод для расшифровки элементарных процес-

сов, происходящих в молекулах при поглощении света. Современная фотохимия получила блестящее развитие именно благодаря применению спектроскопических методов. Выдающуюся роль в за-

теория этого явления, основанная на применении законов броуновского вращательного движения молекул. В работах С. И. Вавилова очень детально было изучено явление тушения флуоресценции посторонними бесцветными солями; развитая им и его сотрудниками (И. М. Франк, Б. Я. Свешников) теория явления основана на применении к растворам представления о передаче энергии ударами 2-го рода. В. Л. Левшиным был обоснован обширным экспериментальным материалом намеченный ранее Никольсом закон „зеркальной симметрии“ кривых флуоресценции и абсорбции и дана квантовая интерпретация этого закона. В последнее время В. Л. Левшиным предпринято обширное исследование явлений фосфоресценции, принесшее уже существенные результаты. Наконец, предпринятое П. А. Черенковым по инициативе С. И. Вавилова исследование свечения жидкостей под действием γ -лучей привело к открытию нового совершенно своеобразного типа свечения. Свечение это было объяснено С. И. Вавиловым как эффект вторичных быстрых электронов, создаваемых γ -лучами, а полная теория, развитая И. М. Франком и И. Е. Таммом, показала, что здесь перед нами на первый взгляд парадоксальный случай оптического излучения электрона, равномерно движущегося в среде со скоростью, большей фазовой скорости света в той же среде.

Фотоэффект наряду с фотохимическими явлениями относится к числу важнейших действий света. Для исследования скоростей фотоэлектронов П. И. Лукирским разработан чрезвычайно остроумный метод сферического конденсатора, вошедший во всеобщее употребление. При помощи этого метода Лукирский и Прилежаев произвели определение постоянной Планка, вошедшее во все таблицы как наиболее точное, исследовали распределение скоростей фотоэлектронов с металлов различной толщины и установили с большой точностью связь между контактной разностью потенциалов и работой выхода фотоэлектронов. Вопросы, связанные с конструированием фотоэлементов, максимально чувствительных к различным участкам спектра вплоть до крайней красной части, исследованы П. В. Тимофеевым и его сотрудниками. На основании этого изучения ими построены прекрасные фотоэлементы.

Очень большое внимание привлекает внутренний фотоэффект в диэлектриках и связанные с ним явления окрашивания кристаллов под действием света. Изучению внутреннего фотоэффекта в кристаллах были посвящены работы П. С. Тартаковского и его сотрудников. На основании этих работ П. С. Тартаковским была установлена схема уровней энергии для некоторых кристаллов.

Почти одновременно с появлением известных работ Р. Поля и независимо от него Т. П. Кравцем была высказана мысль о родстве между скрытым изображением и окрашиванием кристаллов. Самое явление окрашивания

по тому же вопросу. Многочисленные работы по изучению механизма следующей стадии возникновения фотографического изображения — проявления (К. Чибисов, А. И. Рабинович — в Москве, Г. Фаерман — в Ленинграде) — выходят за рамки настоящей статьи.

От различных проявлений действия света на вещество перейдем к другой группе проблем, также относящихся к взаимодействию между светом и веществом, но связанных с совершенно иным кругом явлений: мы имеем в виду дисперсию и рассеяние.

Изучение аномальной дисперсии весьма существенным образом дополняет те сведения об атоме, которые можно извлечь из чисто спектроскопических исследований. В самом деле, для характеристики движения электронов в атоме важно знание не только испускаемых частот, но и интенсивностей спектральных линий. Последние же определяются числом испускающих атомов в 1 см^3 и вероятностями переходов между различными квантовыми состояниями. Знание вероятностей переходов существенно не только для изучения изолированных атомов, но и для исследования взаимодействий возбужденных и невозбужденных атомов, т. е. для вопросов обмена энергией, столь важных, например, в фотохимии. Путь для определения вероятностей переходов открывается изучением аномальной дисперсии. Д. С. Рождественскому принадлежат работы по аномальной дисперсии, сделавшиеся классическими. Разработанный им „метод крюков“ позволяет с чрезвычайной простотой находить число дисперсионных центров. Последовавшие за этой работой Рождественского работы его сотрудников (главным образом В. К. Прокофьева и А. Н. Филиппова) значительно расширили наши сведения о свойствах электронов в атомах и дали толчок к аналогичным работам за границей. Не останавливаясь на изложении всех полученных результатов, отметим, что благодаря улучшению методики, — а именно, построением флюоритового интерферометра, спроектированного Д. С. Рождественским, — Прокофьев и Филиппов получили возможность перенести исследование аномальной дисперсии в ультрафиолетовую область. Таким образом Прокофьеву и Филиппову удалось наблюдать аномальную дисперсию в 25 членах главной серии натрия и точно промерить ее у 16 членов; полученные отсюда значения для вероятностей переходов оказались в удовлетворительном согласии с вычисленными при помощи теории Шредингера. В ряде других работ Прокофьевым и Филипповым изучена аномальная дисперсия у других щелочных и щелочно-земельных атомов (лития, калия, кальция, стронция и др.), определены вероятности переходов для „разрешенных“ и интеркомбинационных переходов, проверена применимость закона Больцмана для возрастания с температурой числа атомов таллия в метастабильном состоянии и т. д.

В самые последние годы изучение этого круга вопросов в связи с интенсивностями спектральных линий неожиданно приобрело важное практическое значение для построения экономических газосветных ламп. Из работ, выполненных в этой области в Союзе,

отметим работы В. А. Фабриканта и руководимой им лаборатории во Всесоюзном электротехническом институте в Москве. Другой путь к исследованию структуры вещества при помощи света открывает изучение рассеяния, точнее, молекулярного рассеяния света.

Как известно, самый факт существования молекулярного рассеяния долгое время подвергался сомнению. Правда, Рэлей уже в семидесятых годах прошлого столетия построил теорию голубого цвета неба, основанную на рассеянии света молекулами воздуха. Однако сам Рэлей показал, что в однородной среде, состоящей из неподвижных молекул, свет не должен рассеиваться в стороны, так как когерентные сферические волны, исходящие из рассеивающих центров, вследствие интерференции, вообще говоря, должны уничтожать друг друга во всех направлениях, кроме первоначального. Возможность возникновения молекулярного рассеяния в газе Рэлей приписывал наличию беспорядочных движений молекул, которые мешают установлению постоянной разности фаз между колебаниями, исходящими из различных рассеивающих центров. Однако Л. И. Мандельштам показал, что одного только допущения беспорядочного движения молекул еще не достаточно для объяснения молекулярного рассеяния, если число молекул достаточно велико. Правильная теория молекулярного рассеяния была впервые создана Смолуховским и Эйнштейном, которые обратили внимание на то, что вследствие возникновения флуктуаций плотности, обусловленных тепловым движением, среда, построенная из молекул, не может считаться оптически однородной. Как известно, наиболее благоприятные условия для возникновения флуктуаций плотности имеют место вблизи критической температуры, и этим объясняется интенсивная „критическая опалесценция“. Сходные условия создаются вблизи „критической температуры смешения двух жидкостей“, которая характеризуется тем, что жидкости ниже этой температуры образуют двухфазную систему с определенной поверхностью раздела, а выше—смешиваются во всех отношениях. Около самой критической температуры создаются благоприятные условия для возникновения флуктуаций концентраций, которые в этом случае создаются капиллярными волнами на поверхности раздела. Л. И. Мандельштам дал весьма изящную теорию этого явления и показал, что интенсивность поверхностного рассеяния должна быть обратно пропорциональна капиллярной постоянной на границе раздела двух фаз.

Так как рассеяние света обусловлено вынужденными колебаниями электронов под действием падающей волны, то длина волны рассеянного света, естественно, должна совпадать с длиной волны возбуждающего света. Л. И. Мандельштам, однако, уже в 1918 г. теоретически показал, что возможен особый вид рассеяния, при котором длина волны должна изменяться. Согласно теории теплоемкости Дебая тепловое движение в твердом теле можно рассматривать как совокупность упругих волн, распространяющихся в твердом теле по всем направлениям со скоростью звука. Сгущения и разрежения в таких упругих волнах и образуют те флуктуации плот-

ности, на которых происходит рассеяние света. В самом деле, совокупность волн определенной длины волны образует как бы пространственную решетку, обуславливающую дифракцию световых волн. Пространственные решетки, возникающие таким путем в твердом теле, не неподвижны, но перемещаются со скоростью звука. Поэтому, вследствие принципа Доплера, при отражении от таких движущихся решеток монохроматическая световая волна должна расщепиться на две волны с различными длинами волн. Таким образом теория Мандельштама приводила к выводу, что при наблюдении молекулярного рассеяния в твердых телах длины волн в рассеянном свете должны отличаться от длины волны падающего света. С целью экспериментального обнаружения этого смещения Г. С. Ландсбергом и Л. И. Мандельштамом было тщательно изучено молекулярное рассеяние в кристаллическом кварце. При этом оказалось, что наряду с несмещенными линиями возбуждающего света наблюдаются также и смещенные в красную и фиолетовую стороны, но величина этого смещения во много раз превосходила смещение, ожидаемое по теории Мандельштама. С другой стороны, сопоставление величины смещения с собственными инфракрасными частотами в кварце показало, что явление может быть истолковано с квантовой точки зрения так, как если бы квант возбуждающего света затрачивал часть своей энергии на возбуждение собственных частот колебания в молекуле и рассеивался с соответственно меньшей частотой. Почти одновременно с Ландсбергом и Мандельштамом это замечательное открытие было сделано Раманом и Кришнаном в Индии, и так как им удалось опубликовать свои результаты ранее Ландсберга и Мандельштама, то в литературе за самим явлением утвердилось название эффекта Рамана. Не подлежит сомнению, что открытие этого „комбинационного рассеяния“ принадлежит к числу наиболее выдающихся открытий в физике за последние 20 лет, и тот факт, что по чисто техническим причинам приоритет остался за Раманом, несколько не умаляет заслуги советских физиков. Открытие это послужило толчком к огромному количеству работ, исчисляющемуся многими сотнями и выполненными во всех решительно странах. Основанный на нем метод изучения собственных частот молекулярных колебаний открыл огромные возможности для физики, физической химии, химии органической и неорганической. Большая заслуга тщательного изучения физической стороны явления и построения точной теории явления принадлежит также советским физикам (Мандельштам, Леонтович, Ландсберг, Тамм).

То значительно более тонкое расщепление рэлеевских (несмещенных) линий рассеянного света, поиски которого дали толчок к открытию комбинационного рассеяния, также было открыто и изучено в ряде работ советских физиков (Ландсберг и Мандельштам, Гросс с рядом сотрудников). Изучение этого явления дает важный материал для исследования трудного вопроса о природе жидкостей.

В тесной связи с очерченными выше исследованиями стоит группа работ, посвященная дифракции света на ультразвуковых

волнах, выполненная в самые последние годы. Действительно, если наблюдается рассеяние на дебаевских звуковых волнах, то естественно следует ожидать, что то же явление будет наблюдаться с большой отчетливостью на искусственно возбужденных в твердом теле или в жидкости стоячих ультразвуковых волнах. На самом деле, это явление было открыто несколько лет назад независимо друг от друга Люка и Бикаром и Дебаем и Сирсом. За короткий промежуток времени это явление было изучено в ряде ценных работ той же группы советских физиков (Мандельштам, Леонтович, Рытов и др.).

Обзор работ, посвященных физической оптике, мы закончим работами, посвященными крайним областям спектра. Оптическая природа рентгеновых лучей была установлена с полной очевидностью открытием интерференции рентгеновых лучей в кристаллах. Однако классические интерференционные и дифракционные опыты трудно осуществимы с рентгеновыми лучами вследствие малой длины их волны. Несмотря на эту трудность, В. П. Линнику удалось осуществить с рентгеновыми лучами интерференционный опыт Ллойда и по расстоянию интерференционных полос непосредственно определить длину волны рентгеновых лучей.

Область спектра, лежащая по другую сторону видимой части, а именно участок спектра между длинными инфракрасными и короткими электромагнитными волнами, была открыта благодаря работам А. А. Глаголево-Аркадьевой и М. А. Левитской, выполненным совершенно независимо друг от друга. Благодаря остроумному методу возбуждения лучей, лежащих в этой области, удалось обнаружить их с полной ясностью и таким образом заполнить последний пробел в единой шкале электромагнитных волн.

Наряду с ростом физической оптики в СССР нельзя не отметить и замечательного роста оптики прикладной. Оптико-механическое производство является одним из наиболее тонких и трудных и вместе с тем одним из наиболее важных в хозяйственном и оборонном отношении. Хорошо известно, что в дореволюционной России этого производства практически почти не существовало. Имевшиеся небольшие мастерские совершенно не разбирались в существе дела, никаких расчетов не производили, а просто рабски копировали заграничные образцы; оптическое стекло не изготовлялось, а импортировалось из-за границы. А между тем — любопытный исторический факт! — в XVIII столетии в Петербурге был замечательный центр оплотехнической мысли. Эйлер написал свою „Диоптрику“ во время пребывания в Петербурге. Его ученик Фусс издал таблицы для расчета оптических систем. Ломоносов и Кулибин строили телескопы, а Эпинус построил первый ахроматический микроскоп. Но все это прошло бесследно для дальнейшего развития оплотехники в России. Труды Эйлера и Фусса в течение многих лет широко использовались за границей, в России же оплотехники не существовало.

Созданный революцией Государственный оптический институт за двадцать лет своего существования выполнил гигантскую работу во всех областях оптотехники. Благодаря трудам И. В. Гребенщикова СССР имеет теперь свое собственное оптическое стекло. Разработка методов полировки стекла тем же Гребенщиковым позволила изготавливать из своего собственного стекла, своими методами, всевозможные объективы, вплоть до огромных астрономических объектов.

Вычислительное бюро трудами А. И. Тудоровского и других выполнило расчеты для всех типов телескопических, фотографических, микроскопических и других оптических систем. При этом были выработаны оригинальные методы расчета и составлены вспомогательные таблицы, облегчающие выбор сортов стекла и ход расчета. Остроумные и совершенно оригинальные методы контроля оптических систем, разработанные В. П. Линником, придуманные им же методы центрировки микроскопических объективов, превратившие эту труднейшую операцию в дело, доступное любому мастеру, оригинальные конструкции интерферометров А. А. Лебедева, работы по светотехнике, фотометрии, колориметрии, фотографии,—все это двинуло нашу прикладную оптику далеко вперед и оказало огромные услуги нашей промышленности.

В числе физических проблем, над которыми с выдающимся успехом работали советские физики, одно из самых видных мест занимают вопросы теории колебаний, в частности теория нелинейных колебаний. Физики и техники до недавнего времени всячески старались все задачи в области колебаний свести к линейным дифференциальным уравнениям. Даже в тех случаях, когда приходилось иметь дело с заведомо нелинейными системами, их старались „линеаризовать“. Это совершенно понятно, так как обращение с нелинейными уравнениями, естественно, гораздо сложнее.

Такой путь нередко оказывался в известной степени допустимым и приводил к выяснению некоторых сторон явления. Однако ясно, что этот прием имеет ограниченную применимость, а в известных случаях он ведет даже к грубо ошибочным результатам.

Интенсивное развитие радиотехники с момента появления катодных ламп с настоящей силой выдвинуло проблему нелинейных колебаний, так как системы, с которыми приходится иметь дело, в современных приемниках и передатчиках нелинейны. Как это не раз случалось в физике за последние годы, в момент, когда эта проблема была осознана, с полной очевидностью оказалось, что соответствующий математический аппарат уже имеется и известен был математикам сравнительно давно. Этот аппарат заключался в работах Пуанкаре, Биркгофа и русского математика А. Н. Ляпунова. Применение этого аппарата к физическим нелинейным системам дало толчок к большому количеству важнейших работ, создавших целую новую область физики. Разработка этой новой области—одна из крупнейших заслуг советских физиков и в осо-

бенности — школы Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси. Она выдвинула ряд молодых советских физиков

сти акустики (Н. Н. Андреев, С. Н. Ржевкин, С. Я. Соколов), в области биологической физики (П. П. Лазарев) и в ряде других областей, а в затронутых областях мы не могли, конечно, в какой-нибудь мере исчерпать полученные результаты или назвать имена всех физиков, с пользой потрудившихся для развития своей науки и блага социалистической родины.

На мартовской сессии Академии наук 1936 г. дискутировался между прочим вопрос о том, какое место занимает СССР по развитию в нем научной работы в области физики. Едва ли, однако, такая постановка вопроса целесообразна. Наша физика молода, она почти ровесница революции. Ее уровень трудно сравнивать с уровнем физики в странах, где закономерное развитие науки с обеспечением преемственности насчитывает сотни лет. Однако с полной несомненностью можно констатировать одно: в то время когда в стране, которая в прошлом дала человечеству Кеплера, Гельмгольца Гаусса, Кирхгофа, сейчас сокращают свою деятельность прекрасные лаборатории, из которой изгоняются или бегут такие ученые, как Эйнштейн, Франк, Шредингер и сотни выдающихся молодых физиков, где „вождями“ физиков оказываются Ленард и Штарк, скатившиеся до средневекового мракобесия, где устраиваются костры и книги,—в это время в СССР научная работа развивается в невиданных масштабах, создаются новые мощные институты, научные книги печатаются небывалыми тиражами и мгновенно исчезают с рынка, растет и крепнет новое поколение пролетарской интеллигенции. Наша физика растет не как замкнутая в себе „чистая наука. Она ставит себе задачу не развития „вообще“, а развития для содействия строительству бесклассового социалистического общества. Под руководством советского правительства, под руководством коммунистической партии и ее вождя т. Сталина советские физики уверенно идут к новым победам на фронте науки для блага нашей великой родины и всего человечества.