*1947 г. Декабрь* *Т. XXXIII, вып. 4*

# *УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК*

К ТРИДЦАТИЛЕТИЮ СОВЕТСКОЙ ФИЗИКИ*)

## СОВЕТСКИЕ ФИЗИКИ И ДОРЕВОЛЮЦИОННАЯ ФИЗИКА В РОССИИ

*А. Ф. Иоффе*

В самом начале XX века в физике произошли резкие изменения. Эпоха, охватывающая период 1895—1912 гг., характеризуется установлением принципиальных основ атомной физики. Была доказана атомная структура электричества, определены заряд и масса электрона, установлено атомное строение вещества, измерено число атомов в данном теле и число заключённых в каждом атоме электронов, расположение атомов в кристалле. Броуновское движение сообщило статистическому представлению о тепловом движении молекул такую же реальность, какой обладали прежде только непосредственно наблюдаемые макроскопические явления.

Настойчивые попытки дать теорию лучистой энергии привели Планка к необходимости ввести новую универсальную постоянную — квант действия. Выяснилось, что в природе света, кроме давно известных волновых свойств, имеется другая, квантовая сторона. Решающей в этом направлении была работа Эйнштейна, который показал, что основные факты в области фотоэффекта и флуоресценции свидетельствуют о квантовой структуре самих электромагнитных волн, а не только явлений испускания и поглощения света. Наконец, теория относительности Эйнштейна составила одно из важнейших направлений физики этой эпохи.

Основой физики предвоенных лет были две задачи — узнать строение атома и понять физический смысл квантов. Каждый новый факт, связанный с атомной физикой, использовался, чтобы построить новую гипотезу атома. Одну из таких гипотез — пластинчатый атом — предложил в это время О. Д. Хвольсон. Но только с 1912 г., когда появилась идея Резерфорда об электронах, вращающихся вокруг

*) Серия статей, посвящённых обзорам достижений советской физики за 30 лет, не заканчивается в настоящем выпуске, но будет продолжена в 1948 году.

положительного ядра, и вслед за тем её дальнейшее развитие в квантовой модели Бора, эта задача нашла своё решение. В том же 1912 г. открытие интерференции рентгеновых лучей в кристаллах обнаружило атомную структуру кристаллов и положило начало спектроскопии рентгеновых лучей. В работах Мозлея эти спектры связались со строением атома.

Строение атомов и кристаллов, рентгеновы и оптические спектры атомов и загадка сверхпроводимости—вот чем жила физика в период перед первой мировой войной.

Что было у нас в это время?

Когда я начинал работать в Петербурге (это был 1906 г.), там ещё сильны были традиции XIX века, и даже скорее его середины, школы Ф. Ф. Петрушевского. Преподавание физики в высшей школе шло по линии так называемой измерительной физики—методов измерения, как основы точного знания.

Во всех высших школах С.-Петербурга первый курс отводился описанию измерительных приборов, и только со второго курса излагались законы из области теплоты, электричества, магнетизма, оптики, акустики. Теоретическая или, вернее, математическая физика в университете сводилась к феноменологической формулировке законов и решению уравнений в частных производных из области теплопроводности и электростатики.

Профессора и преподаватели физики высших школ обладали обширной эрудицией, но мало внимания уделяли творческой деятельности. Научные работы оставленных при университете часто сводились к повторению опубликованных работ.

Блестящие, но также по преимуществу феноменологические, лекции О. Д. Хвольсона хорошо посещались, но не создавали импульса к научному творчеству. Таков был и его замечательный многотомный курс физики, полно и дидактически ясно охвативший всю совокупность физических знаний того времени и переведённый на ряд иностранных языков.

Научная работа в физическом институте Петербургского университета находилась на невысоком уровне. Её состояние можно иллюстрировать тем напутствием, которое после смерти основного руководителя физического института И. И. Боргмана было сделано мне и Д. С. Рождественскому, как его преемникам по руководству научными работами: «Конечно, Дж. Дж. Томсон или Резерфорд создают новые пути в науке, но не может же обыкновенный наш физик придумывать какие-то новые проблемы, а поэтому задача физического института — повышать знания и экспериментальное искусство сотрудников».

Однако одновременно с этим в Петербурге вёл свою работу Д. С. Рождественский, который создал «метод крюков» и закончил уже своё замечательное исследование дисперсии в парах натрия.

Другим блестящим физиком того времени в Петербурге был Д. А. Рожанский, диссертация которого (исследование искры) привлекла всеобщее внимание свежестью физических идей.

Столь же ярким явлением была диссертация В. Ф. Миткевича о механизме вольтовой дуги, где наглядно показана была роль электронов. В области оптики вызывали интерес работы С. И. Покровского по интерференции и А. Л. Гершуна по оптотехнике.

Недостаточно оценены интересные исследования Н. А. Гезехуса и Н. Н. Георгиевского по электризации трением.

Дальше позвольте назвать себя: возвратившись в Петербург из Мюнхена, где я работал с Рентгеном, я поставил своей целью экспериментальное доказательство существования электронов и квантов света, очевидность которого мне стала ясна с самого начала. Наряду с этим я продолжал начатые в Мюнхене исследования электрических свойств кристаллов.

Большое влияние на всех петербургских физиков, в частности на меня, имел Павел Сигизмундович Эренфест, необычайная творческая и общественная активность которого подняла научные интересы и научную критику на большую высоту.

Нельзя забывать, что в том же Петербургском университете на кафедре химии имелся мощный центр физической и химической мысли, возглавлявшийся великим Менделеевым.

Одним из важнейших тормозов для физиков того времени была университетская система магистерских экзаменов, которые необходимо было сдать, чтобы получить доступ к научной работе в университете. Эта уродливая система была камнем преткновения, который в течение многих лет в Петербурге не преодолел ни один физик. Математики не делали различия между учёными с математическими интересами и физиками, для которых математика являлась вспомогательным методом в работе, а не существом их деятельности.

Такова была физика столичного С.-Петербурга.

По-другому дело обстояло в Москве. Здесь зародилась первая русская школа физиков, школа Петра Николаевича Лебедева, из которой вышел ряд ведущих учёных. Школа Лебедева по тематике и научной организации представляла собой самое отрадное явление дореволюционной физики. Она не могла, однако, развернуться в условиях царской России. Я хорошо помню 1907 — 1909 гг., когда мне приходилось бывать у Лебедева в Москве. Его научные лаборатории помещались в подвале физического института, потому что основные этажи предназначались для других целей. Однако и из подвала ему пришлось уйти, когда Московский университет, протестуя против увольнения прогрессивной профессуры, вступил в конфликт с реакционным царским правительством. Значительная часть профессоров ушла из университета; вместе с ними ушёл и Лебедев. Хотя он и пытался организовать лабораторию в небольшой частной квартире, — настоящего большого института из неё в то время

вырасти не могло; до окончания же постройки нового института он не дожил.

К Лебедеву примыкали: его товарищ, блестящий физик и педагог, Александр Александрович Эйхенвальд, автор классического исследования магнитного поля движущегося заряда и токов смещения, сильно способствовавший подъёму научного уровня московских физиков, и ближайший ученик Лебедева — Пётр Петрович Лазарев, организовавший научную работу в области биофизики и геофизики.

Из лаборатории Лебедева вышел ряд интересных направлений: прежде всего, замечательные работы самого Лебедева по световому давлению на твёрдые тела и газы, работы Лазарева и Тимирязева по кинетической теории газов, акустические измерения В. Д. Зёрнова и др., работы в области радиоволн В. К. Аркадьева и В. И. Романова. Из этой же школы вышли и С. И. Вавилов, Б. В. Ильин и многие другие. В провинции работали отдельные крупные учёные, среди них такие, как Гольдгамер и Ульянин в Казани, Рожанский и Кравец в Харькове, в Одессе Кастерин, в Киеве Косоногов и Шиллер, а в Москве ещё Умов и Соколов.

И в Петербурге, помимо университета, имелись отдельные крупные физики: Гезехус, Егоров, Гершун, Миткевич, братья Смирновы, но школ они не создали. В Академии Наук работал один из основоположников сейсмометрии Б. Б. Голицын, а затем и А. Н. Крылов.

В прошлом русская физика могла назвать ряд выдающихся имён, начиная с Ломоносова, Петрова, Ленца, кончая Столетовым и Менделеевым, и такие технические достижения, как вольтова дуга Петрова, гальванопластика Якоби, свеча Яблочкова, лампы накаливания Лодыгина и радиосигнализация Попова.

Перед Октябрьской революцией мы имели немало образованных физиков, но единственной большой научной школой была школа Петра Николаевича Лебедева, к тому времени умершего. Его заменил П. П. Лазарев. Только перед самой революцией в Ленинграде выделилась наша группа, в которую входили П. Л. Капица, Я. И. Френкель, Н. Н. Семёнов, П. И. Лукирский, Я. Г. Дорфман и несколько других. Из этой школы потом вырос Физико-технический институт.

Существовало физическое общество, где собирались физики и где помимо научных дискуссий нередко возникали острые политические конфликты. В Петербургском физическом обществе числилось немногим больше 100 членов и столько же в Московском, но значительная часть тех и других совпадала; кроме того, среди членов общества имелись любители физических знаний, не занимавшиеся научной работой. Я думаю, что правильно будет оценить число учёных физиков того времени примерно в 100 человек.

У нас был журнал Физико-химического общества, состоявший из двух частей: физической и химической. В физической части было два раздела — оригинальных работ и обзоров, но всё это в очень небольших масштабах — 9 тощих номеров в год.

Подготовка кадров в Петербургском университете определялась программой государственных экзаменов, которая была составлена чиновниками, занявшими место прогрессивных московских профессоров. Мне приходилось участвовать в государственных экзаменах в Петербургском университете и на Высших женских курсах. Я часто задавал вопрос: «Почему стрелка амперметра отклоняется при прохождении тока?». Большей частью вопрос вызывал недоумение, а иногда ответ был такой: «Электрическая стрелка, потому и отклоняется». Физика и техника не связывались в университетском преподавании и даже противопоставлялись друг другу.

Великая Октябрьская революция круто повернула судьбы русской физики. Уже в 1918 г. начала организовываться советская физика — другими путями, чем шла физика дореволюционная. Советская власть создала крупные научные центры, которых почти не было до революции. (Физическая лаборатория Академии, руководимая Б. Б. Голицыным, была посвящена сейсмологии; физическая лаборатория была невелика.)

На протяжении одного 1918 г. было образовано три больших института. В Москве — Институт физики и биофизики: после смерти П. Н. Лебедева институт, который предназначался для него, был возглавлен П. П. Лазаревым и получил сильный уклон в биологию, но занимался также молекулярной физикой, оптикой, геофизикой и другими разделами физики. В Ленинграде в октябре 1918 г. был организован Физико-технический институт и вскоре там же — Оптический институт, который вырос затем в самый большой в мире институт, являющийся научной базой оптической промышленности Советского Союза.

Каждый из этих трёх институтов ставил себе целью как развитие самой физики, так и связь её с соответствующими отраслями жизни. Институт физики и биофизики, естественно, тяготел к медицине. Институт Физико-технический — к электротехнике, энергетике, металлу. Оптический институт поставил и решил задачу создания в Советском Союзе промышленности оптического стекла и оптических приборов. Кроме того, каждый институт сделался большой школой, в которой начали расти кадры нового типа.

В первые годы существования советской власти Советский Союз был отрезан от заграницы, и наша научная работа велась в отрыве от мировой науки. Основные направления и научные интересы, как потом выяснилось, были те же, что и за границей. Новой была их связь с задачами построения первого в мире социалистического общества.

Война застала физику в период бурного расцвета атома Бора и метода Лауэ. С этих позиций мы и начали развивать свою работу.

Д. С. Рождественский организовал атомную комиссию, задачей которой было: разработать теорию атома Бора и сделать из неё все необходимые выводы. Для всестороннего использования метода Лауэ

была организована Физико-техническим институтом молекулярная комиссия. В основе работ первой лежал атом Бора, второй — метод Лауэ.

В атомной комиссии зародилась передовая магнитная теория спектральных двойников Рождественского. Молекулярная комиссия привела к открытию механизма пластических деформаций и текстур при холодной обработке металлов.

В начале 1921 г. мне и Д. С. Рождественскому было предложено восстановить научные связи с заграницей и с этой целью, а также для закупки оборудования, мы были командированы за границу. С нами вместе выехали А. Н. Крылов и П. Л. Капица. Нас встретили чрезвычайно благожелательно, а доклад о результатах наших работ за этот период вызвал сенсацию. Никто не ожидал, что в «дикой стране большевиков» может развиваться наука и давать результаты, в некоторых случаях идущие дальше того, что достигнуто в западных странах. В первые же годы советская физика заняла достойное место в мировой науке.

Наша поездка имела целью обеспечить новые институты оборудованием, потому что в те годы ждать оборудования от наших заводов было невозможно. И эта вторая задача мной и Д. С. Рождественским была выполнена. Наши институты получили прекрасное оборудование, настолько богатое, что когда из Физико-технического института выделилась целая серия институтов, многие из них продолжали пользоваться частью этого оборудования.

После нашего возвращения институты укрепились. Тот и другой институты получили самостоятельные здания. 4 февраля 1923 г. наш институт переехал из Политехнического института в собственное специально оборудованное здание и примерно в то же время начал перемещаться из университета Оптический институт.

Оглядываясь на весь этот период, я считаю большой заслугой советских физиков, что вместо случайной тематики, иногда перенесённой из-за границы, советские физики стали развивать свои собственные научные направления. Многие из поставленных у нас проблем заинтересовали заграничные лаборатории и в некоторых случаях получили там значительное развитие; но важно отметить, что наша тематика строилась на том фундаменте, который был заложен в самом начале советского периода, в условиях полной изоляции от западной науки.

Начну с близкого мне Физико-технического института. Здесь получила широкое развитие проблема прочности и пластической деформации кристаллов и их электрических свойств. Эти вопросы начали усиленно изучаться и на Западе — в Англии, Германии и США. Некоторые из наших выводов стали предметом оживлённой дискуссии; не все они полностью сохранили своё значение, но всё же ведущая роль принадлежала нам. Здесь же Иваном Васильевичем Обреимовым разработан был остроумный метод получения монокристаллов. В то время многие заграничные лаборатории, перейдя к изучению моно-

кристаллов, использовали метод Обреимова, а иногда и его кристаллы. Большое значение имели также работы Обреимова по силам сцепления в слюде, и, позже, по новому виду двойникования, образующегося при пластической деформации.

К этому времени относится также появление ряда других направлений, имеющих свои корни в советской физике и распространившихся на лаборатории всего мира.

Николай Николаевич Семёнов уже в студенческие годы стремился сочетать физику с химией. Начав с исследования электрических полей методом раскалённого зонда, он использовал эти данные для улучшения методики измерения энергии ионизации и диссоциации. Создав теорию так называемого теплового пробоя диэлектриков, он перенёс основные идеи этой теории на химические явления и пришёл к теории цепных реакций, которые открыли новый этап химической кинетики и дали целый ряд важнейших практических результатов.

Пётр Иванович Лукирский положил начало важному направлению в области электроники и фотоэффекта. Создав метод шарового конденсатора, он впервые определил распределение скоростей электронов в металле. Пётр Иванович в течение долгого времени был также научным консультантом лаборатории нашего основного в этой области завода «Светлана».

Александр Алексеевич Лебедев в Оптическом институте своими тщательными исследованиями процессов отжига стекла в значительной степени способствовал созданию промышленности оптического стекла, разделяя эту честь с Гребенщиковым и Качаловым.

Из новых направлений в области молекулярной физики большое значение получили рентгеновские текстуры вещества, характеризующие изменения кристаллической решётки при деформациях и холодной обработке. В 1918 г. нами с М. В. Кирпичёвой были опубликованы первые рентгенограммы деформированных кристаллов.

В Москве этим вопросом занимался Н. Е. Успенский, бывший также сотрудником Физико-технического института, а в Ленинграде— Селяков и Курдюмов. Часто забывают, что основное представление о рентгенограммах как о результате отражения рентгеновых лучей от атомных плоскостей в кристаллической решётке было выдвинуто замечательным, к сожалению рано погибшим, русским физиком-кристаллографом Юрием Викторовичем Вульфом раньше и, конечно, независимо от Брэгга. В то время Ю. В. Вульф был также сотрудником Физико-технического института.

Д. В. Скобельцын, поместив камеру Вильсона в магнитное поле, смог измерять скорости электронов. Этим методом он изучил спектры гамма-лучей и открыл быстрые электроны космических лучей.

Выдающимся представителем советской науки первого периода был безвременно скончавшийся профессор физико-механического факультета Александр Александрович Фридман, автор теории относительности с отрицательной кривизной, получившей столь важное

значение. А. А. Фридман создал передовую школу динамической метеорологии, из которой вышли Кочин, Кибель, Извеков и др.

К этому же времени относится и поток новых идей, которые внёс в физику Я. И. Френкель. Из них особенно замечательны идея о перемещении свободных мест, о вязкости жидкостей, о движении зарядов в твёрдых телах, о поверхностном натяжении металлов и о квантовых электронных состояниях электронов проводимости в металлах. Особенно большое значение получило представление Френкеля о переносе тока и диффузии путём перемещения пустых мест в сплошь заполненной среде. Эта идея была распространена Френкелем на перемещение внутри кристалла возбуждённых состояний (получивших название экситонов) атомных электронов.

Новую струю в изучение фотоэффекта внёс И. Е. Тамм, установивший, что внешний фотоэффект имеет двоякое происхождение — поверхностное и объёмное. Он же показал, в чём заключается основная сила, удерживающая электроны в металле. Всеобщее признание получили работы Л. Д. Ландау по диамагнитным и парамагнитным свойствам электронов в металле.

Большое значение имел переход Физического института Академии Наук, руководимого С. И. Вавиловым, в Москву. Здесь к нему присоединилась научная школа Леонида Исааковича Мандельштама. Как для самого Мандельштама, так и для его школы (Г. С. Ландсберг, С. Э. Хайкин, А. А. Андронов, М. А. Леонтович) характерно сочетание глубокой теории с блестящими экспериментами. Она значительно углубила наши знания в области молекулярной физики изучением тонкого механизма вязкости, трения и дисперсии звука.

Всем советским физикам хорошо известно, что именно Мандельштаму и Ландсбергу принадлежит честь первого наблюдения и правильного объяснения комбинационного рассеяния света, которое называется эффектом Рамана. Тот же Мандельштам вместе с нераздельно связанным с ним Николаем Дмитриевичем Папалекси положили начало теории нелинейных колебаний и её разнообразным применениям. Другой вид комбинационного рассеяния открыл и изучил позже Е. Ф. Гросс.

В. К. Аркадьев с сотрудниками изучали магнитные свойства железа при больших частотах. Хотя объяснение магнитных спектров и не могло быть полностью сохранено, но работы эти дали немало ценных результатов, в том числе феноменологическую теорию магнитных свойств ферромагнетиков. А. А. Глаголева-Аркадьева и М. А. Левитская были пионерами в деле получения электромагнитных волн, перекрывающих инфракрасный спектр. В «массовом излучателе» Глаголева-Аркадьева нашла оригинальный и остроумный путь решения труднейшей технической задачи.

В Оптическом институте под руководством Дмитрия Сергеевича Рождественского выросла сильная школа спектроскопистов: С. Э. Фриш, В. М. Чулановский, В. К. Прокофьев, Е. Ф. Гросс и др.

Идея Рождественского о магнитном происхождении дублетов оказала большое влияние на развитие теории спектров. Его метод крюков широко использовался при изучении дисперсии. Из его школы вышли работы А. Н. Теренина, положившие начало новому подходу к изучению механизма химических реакций и свечения газов. Под влиянием Д. С. Рождественского получила развитие оптотехника, светотехника, промышленность оптического стекла и оптических приборов. К сожалению, значение научной и организационной деятельности Рождественского одно время недооценивали.

В Институте физики и биофизики Пётр Петрович Лазарев создал физико-химическую теорию передачи нервного возбуждения, установил законы адаптации зрения и слуха. Им же было проведено исследование Курской магнитной аномалии.

К этому же времени относится и начало работ в области технической физики, которая впервые развернулась при Советской власти. Наряду с успешной деятельностью Оптического института, в Физико-техническом институте покойным академиком Чернышёвым была создана лаборатория электрофизики, Николаем Николаевичем Андреевым — лаборатория акустики, Михаилом Викторовичем Кирпичёвым — лаборатория теплотехники, где был разработан метод моделирования тепловых установок. Здесь же развилась школа Н. Н. Давиденкова по механическим свойствам металлов.

Первое десятилетие (с 1919 по 1928 гг.) развития советской физики создало, таким образом, целый ряд новых научных направлений, выделило большие школы, которые сделали советскую физику полноправным членом мировой науки, связали её с прогрессом советской техники и включили в бурный расцвет социалистической культуры. С этого времени начали расти новые физико-технические институты в Томске, Харькове, Днепропетровске, Свердловске, Горьком.

Следующий период лучше известен; поэтому я ограничусь только кратким перечислением вновь созданных научных течений.

Изучение аморфных тел, их механических и электрических свойств, связей между теми и другими, физическое исследование полимеров и их специфических особенностей были развиты П. П. Кобеко и А. П. Александровым.

По ферромагнетизму и по влиянию анизотропии на явление ферромагнетизма мы имеем работы Н. С. Акулова и Е. И. Кондорского в Московском государственном университете; в вопросы теории магнетизма новые черты внесли работы Дорфмана, Кикоина и Вонсовского — в Свердловске. Сотрудники Акулова в Москве, Янус и Халилеев в Свердловске разработали новые методы магнитной дефектоскопии.

Исследования по нелинейным колебаниям Мандельштама и Папалекси создали новую область учения о колебаниях и привели к конструкции электрических машин параметрического резонанса. Новыми

методами развили теорию нелинейных колебаний Н. М. Крылов и Н. Н. Боголюбов.

Люминесценция жидкостей — область, целиком созданная Сергеем Ивановичем Вавиловым, В. Л. Левшиным и их сотрудниками. Им принадлежит также установление законов затухания фосфоров и их использование в важных практических целях.

Вместе с рядом сотрудников я последние годы занимался в Физико-техническом институте полупроводниками, их физической природой и практическим использованием, надеясь этим путём разрешить общую проблему электрических свойств твёрдых тел. В эту область удалось внести значительную ясность.

В этом же направлении работали киевская (Гольдман) и одесская (Кириллов) школы физиков. Кикоин и Носков открыли новый фотомагнитный эффект в полупроводниках. В работах Д. И. Блохинцева, В. П. Жузе, Б. И. Давыдова, А. В. Иоффе и С. И. Пекаря была выяснена природа выпрямительных свойств пограничных слоёв. В десятки раз улучшены выпрямители, фотоэлементы, термоэлементы и созданы новые их типы. Впервые изучены полупроводниковые сплавы металлов и жидкие электронные полупроводники.

Неожиданное открытие в классической области электромагнитной теории света сделал Черенков в лаборатории С. И. Вавилова и под его руководством. Черенков обнаружил направленное излучение быстрых вторичных электронов, выбиваемых гамма-лучами, движущихся в веществе со скоростями, превышающими фазовую скорость света. Теория этого явления, данная Франком и Таммом, полностью объяснила все детали наблюдённых явлений и была также подтверждена прямыми опытами с быстрыми электронами, проведёнными в США.

Большим событием в советской физике было открытие Петром Леонидовичем Капицей явления сверхтекучести гелия-II (так напоминающего сверхпроводимость), приведшее к дальнейшему открытию Ландау и Пешковым второго звука в том же гелии-II.

Помимо большого принципиального значения этого нового яркого проявления квантовых законов, обнаруженного Капицей, его исследования открывают путь для дальнейшего приближения к абсолютному нулю температур. Турбодетандер и вертушечная разгонка газов Капицы создали новую технику низких температур. Немаловажное значение имеет также выяснение Ландау и Шальниковым природы промежуточного состояния между сверхпроводимостью и нормальной проводимостью. В Харькове интересные результаты дала криогенная лаборатория под руководством Лазарева.

Обширная школа по изучению механических свойств твёрдых тел создана за годы советской власти В. Д. Кузнецовым в Томске. Опубликованная ими 5-томная монография охватывает как советские, так и заграничные работы в этой области. Особенно крупные успехи достигнуты, помимо Кузнецова, его сотрудниками Большаниной и Кудрявцевой.

Видное место занимают советские работы по рентгенограммам и фазовым превращениям в металлах, возглавляемые Г. В. Курдюмовым и С. Т. Конобеевским. Большое значение получили исследования школы Н. Н. Давиденкова (Витман, Фридман, Якутович, Шевандин) по ударной прочности, А. В. Степанова по пластичности, А. П. Комара по диффузии, М. О. Корнфельда по твёрдости жидкостей. С. А. Векшинский предложил и осуществил новый метод получения сплавов непрерывно изменяющегося состава возгонкой металлов в вакууме из разных центров.

Другая ведущая советская школа охватывает учение об электрической изоляции. Работы П. П. Кобеко, Б. М. Вула и др. положили начало новым научным течениям и привели к новым техническим материалам: эскапону, полистиролу, титанату бария. И. В. Курчатов вместе с П. П. Кобеко и Б. В. Курчатовым открыли новое физическое явление, представляющее собою электрическую аналогию ферромагнетизма и названное ими сегнетоэлектричеством. Дальнейшим развитием этого открытия являются исследования Б. М. Вула о титанатах бария.

В область электронных явлений большие сдвиги внесли работы В. Е. Лашкарёва, Л. А. Арцимовича и Л. А. Кубецкого, впервые осуществившего фотоэлектрическую трубку с многократным усилением помощью вторичной эмиссии. Новые типы фотоэлементов с запорным слоем разработали Б. Т. Коломиец, Гельман. Новые методы математической физики в области электрических явлений и электронной оптики созданы Г. А. Гринбергом.

В области акустики выросла школа Н. Н. Андреева, к которой принадлежат Б. П. Константинов, А. А. Харкевич, А. И. Белов и А. В. Римский-Корсаков, сильно развившие акустику музыкальных инструментов. Д. И. Блохинцев разработал теорию акустики движущейся среды.

Крупнейший в мире Оптический институт после смерти Д. С. Рождественского развивался под руководством С. И. Вавилова и занял ведущее место по разрешению ряда оптических задач. С. И. Вавилов создал новый метод наблюдения и измерения предельно слабого света и с его помощью наглядно показал существование фотонов. Здесь был осуществлён Брумбергом отражательный ультрафиолетовый микроскоп; здесь была разработана А. А. Гершуном теория светового поля, проведены исследования Т. П. Кравца и М. А. Севостьяновой по фотографическому процессу, созданы новые астрономические приборы Д. Д. Максутовым, широко развёрнута А. И. Тудоровским работа по расчёту оптических систем, разработаны остроумные интерференционные приборы Линника, осуществлён А. А. Лебедевым электронный микроскоп. Во время Отечественной войны Оптический институт обеспечил Советскую Армию отечественной оптикой.

В Институте химической физики получило новое обоснование учение о взрывах и о горении под руководством Н. Н. Семёнова и его сотрудников Б. Я. Зельдовича и Ю. Б. Харитона.

Л. Д. Ландау дал общую термодинамическую теорию фазовых переходов.

Проблемой атомного ядра мы начали заниматься несколько поздно, но всё же имели ряд серьёзных успехов — в работах И. В. Курчатова по ядерной изомерии, в исследованиях А. И. Алиханова, который, сочетав метод магнитной спектроскопии со счётчиками совпадений, измерил ряд спектров и установил свойства бета-распада радиоактивных ядер, в работах Арцимовича, Лейпунского, Синельникова и др. по рассеянию быстрых электронов, Франка и Добротина — по нейтронам. Флёров и Петржак открыли самопроизвольный распад ядер урана. Новые данные большого принципиального значения получены также при изучении космических лучей Д. В. Скобельцыным и В. И. Векслером на Памире, Алиханяном и Алихановым на Алагезе. Явление взрыва атомных ядер под влиянием космических лучей было открыто Ждановым методом толстослойных фотографических пластинок, разработанных впервые Л. В. Мысовским в Радиевом институте. В. И. Векслеру принадлежит идея синхротрона, открывающая новые пути получения частиц сверхвысоких энергий.

Основные линии квантовой механики созданы не у нас; однако метод, разработанный Фоком, сделался ведущим для проблемы атомных электронов. Современное наше представление о протонах и нейтронах как единственных элементах атомного ядра, принадлежит Д. Д. Иваненко. Большое значение для развития наших представлений о ядерных силах имели идеи И. Е. Тамма.

Представления о тепловом движении элементов ядра и перетяжке ядер урана были высказаны впервые Я. И. Френкелем. Количественная теория космических ливней дана Л. Д. Ландау.

Особенно велики успехи советских физиков на границах с соседними научными областями. Кроме кинетики химических реакций, которая является одним из самых блестящих выходов физики за её пределы, у нас перекинут и другой мост от физики к химии. Теренин и Кондратьев на основе спектрального анализа разрешили ряд важных химических задач. Участие физиков (Александрова, Кобеко, Бреслера, Журкова) в изучении высокомолекулярных соединений открыло новые пути в этой области и оказало влияние на английскую и американскую научную мысль.

По вопросам прочности технических материалов Н. Н. Давиденков с сотрудниками, развивая мои представления о температуре перехода из хрупкого в пластичное состояние, дали новые методы оценки ударной прочности сталей.

Александров и Журков создали статистическую теорию хрупкой прочности, а Степанов — теорию пластического разрушения кристаллов. Классен-Неклюдова изучила новое явление скачкообразной деформации. Идея о поверхностных трещинах, как источнике разрушения, и о влиянии адсорбции поверхностно активных веществ была широко использована П. А. Ребиндером, который создал усовершен-

ствованные методы бурения нефтяных скважин, лучшие методы обработки металлов, замену охлаждающих жидкостей водными растворами и т. д.

Кристаллография в руках А. В. Шубникова дала новые замечательные результаты в области строения и выращивания кристаллов и теории симметрии. Здесь получены новые пьезоэлектрики, анизотропные материалы повышенной прочности, искусственные рубины и т. п.

Нельзя не упомянуть новых направлений в агрофизике, стремящихся использовать физику для сельского хозяйства. Эта задача была поставлена коллективизацией сельского хозяйства, в условиях которой появилась возможность в больших масштабах воздействовать на физические условия урожая.

Вопросы теплового баланса, структуры, влажности и теплопроводности почв, влияния светового режима на жизнь растений и, в частности, роли отдельных участков спектра на различных стадиях роста — всё это задачи, требующие для своего разрешения современных методов физического исследования. Физико-агрономическому институту удалось добиться некоторых успехов в таких важных практических проблемах, как борьба с засухой и заморозками, укрепление и озеленение песчаных пустынь, осушение почвы, и решить целый ряд задач, стоящих на границе физики с сельским хозяйством. Институт разработал также большую серию измерительных приборов для агротехнических работ.

Сейсмометрия, созданная Б. Б. Голицыным, получила у нас широкое развитие в Сейсмологическом институте под руководством П. М. Никифорова. В этом институте созданы также выходы в сторону строительного и взрывного дела и сейсмической разведки.

О. Ю. Шмидт организовал новый центр геофизических исследований, охвативших весь диапазон вопросов физики атмосферы и твёрдой оболочки земли, проблемы происхождения звёздного мира и образования континентов. Здесь разработаны различные методы геофизической разведки полезных ископаемых: сейсмический, магнитный, электрический, термический. И. А. Кибелю принадлежит первая научно обоснованная теория прогноза погоды. Продолжая дело рано умершего выдающегося учёного А. А. Фридмана, Кибель создал сильную школу советских метеорологов.

В. В. Шулейкин в результате систематического изучения явлений, наблюдаемых на морях, создал новую научную область — физику моря. В частности, им были открыты и изучены инфразвуки с частотой порядка 10 герц, вызываемые ветром на морских волнах. Большой интерес представляет его теория влияния океанов на климат и теория атмосферных сейш.

В области радиотехники новые пути использования фазовых явлений для измерения расстояний осуществили Н. Д. Папалекси и Л. И. Мандельштам. Большое значение для развития радиофизики

имели работы Б. А. Введенского, Д. А. Рожанского. Последний вместе с Ю. Б. Кобзаревым создали методы радиолокации раньше, чем они появились за границей. Г. В. Брауде принадлежит оригинальный метод телевидения.

Советская физика дала немало в дни Отечественной войны. Десятки работ приняты для использования на фронте, а некоторые из них получили большое значение.

Для того чтобы правильно оценить сдвиги, произошедшие в физике за 30 лет Советской власти, необходимо противопоставить важнейшие условия, определявшие научную работу в предреволюционной России, с их положением в настоящее время.

Вместо сотни физиков, среди которых было не больше 20 докторов наук, мы имеем не менее 2000 учёных и в том числе несколько сот докторов. Вместо 30—40 научных работ за год мы сейчас находим ежегодно до 300 исследований крупного научного значения. В одних только физических журналах в сжатом виде научная продукция занимает не менее 300 листов в год, тогда как до революции в 9 выпусках журнала подробно развёрнутые статьи едва заполняли 30 листов. Число научных монографий и популярных изданий возросло в десятки раз.

До революции научная работа велась наряду с педагогической в скудно оборудованных университетских лабораториях профессором физики и двумя—тремя его ассистентами. Только в Московском и Петербургском университетах имелись физические институты с десятком преподавателей, да в Академии наук физическая лаборатория с 3—5 сотрудниками.

Сейчас помимо трёх прекрасно оборудованных физических институтов Академии наук СССР, с общим штатом, превышающим 1000 человек, научная работа развёрнута ещё в ряде академических и внеакадемических московских институтов, в физико-технических институтах Свердловска, Харькова, Горького, в институтах и лабораториях республиканских академий в Киеве, Баку, Ереване, Ташкенте, Алма-Ата, Минске.

Однако этим далеко не ограничивается масштаб научной работы в области физики и её приложений. Физические работы ведутся в сотнях исследовательских институтов промышленности, из которых некоторые, как например, Оптический, Электротехнический, Металлургический являются мощными центрами физического исследования. Кафедры физики университетов и высших технических школ выдвигают и решают значительное число чисто физических вопросов. Следует особо отметить широкий разворот многообразных проблем технической физики, практически полностью отсутствовавших в царской России. Ежегодные Сталинские премии, премии Академии наук, социалистическое соревнование, внимание широкой общественности к достижениям науки являются мощными стимулами научного творчества.

Поставленный в план новой пятилетки рост физического приборостроения сказывается уже на оборудовании наших лабораторий.

До революции все кадры физиков как для высшей, так и для средней школы поставляли 10 университетов с физико-математическими факультетами. Сейчас средняя школа обеспечивается системой педагогических вузов. В ряде университетов выделились самостоятельные физические факультеты, готовящие физиков-исследователей; к ним надо присоединить физико-механические и физико-технические факультеты Ленинграда и Москвы.

До революции университеты оставляли несколько окончивших курс студентов «для подготовки к профессорскому званию» и отправляли их с этой целью за границу. Теперь в наших высших школах и исследовательских институтах повышают свои знания и приобретают опыт научной работы сотни аспирантов и докторантов. Защита магистерской и в особенности докторской диссертации была редким событием в дореволюционной России. Теперь ежегодно проходят многие десятки кандидатских и докторских диссертаций.

Рост научных кадров не ограничивается аспирантурой. В нашей стране до 1000 исследовательских институтов, где широко развёрнута творческая научная работа, где на семинарах и научных советах обсуждаются проблемы науки. Всё это создаёт благоприятные условия для научного роста сотрудников.

Съезды физиков и ежегодные конференции: по полимерам и спектроскопии, магнетизму и люминесценции, по полупроводникам и по акустике и т. д., и т. д. не только позволяют оценить размах научной деятельности наших лабораторий, но и служат школой физиков. В качестве типичного примера укажу, что в конференциях по полимерам участвуют свыше 60 физических и химических институтов и лабораторий. Популярные журналы, книги и лекции привлекают широкие слои трудящихся, будят их мысль и изобретательность, возбуждают интерес к физическим знаниям.

Как ни ярки приведённые факты и количественные сопоставления настоящего и прошлого, они не дают представления о главном, что дала Октябрьская революция, — о новых путях развития советской науки, о качественном её превосходстве над буржуазной наукой.

История советской науки неразрывно связана с общим расцветом культуры и народного хозяйства. В условиях социалистического общества наука приобретает новое содержание одного из орудий борьбы за счастье нашего народа и всего человечества. Все свои знания, весь свой опыт советский учёный отдаёт народу. Вместе с ним он защищает свою Родину в годы войны и создаёт передовую технику в период индустриализации.

Из побочного занятия преподавателей высшей школы научная деятельность стала делом армии исследователей, выдвигаемой трудовым народом. Разрыв между чистой и прикладной наукой исчезает; они сливаются в едином плане социалистического государства.

Разрозненные научные интересы заменяются широким перспективным планом, сосредоточивающим лучшие силы на узловых ведущих проблемах и обеспечивающим в то же время развитие всех областей знания. Питаясь собственными корнями, советская наука прокладывает новые пути; исчезает преклонение перед буржуазной наукой и растёт патриотическое самосознание.

Узкие рамки отдельных научных дисциплин перекрываются развитием пограничных областей, связывающих математику с астрономией, физикой и химией, физику с химией, геологией, астрономией, биологией, инженерным делом и сельским хозяйством и т. д.

Индивидуальные работы учёных перерастают в коллективное творчество институтов и академий, двигающих науку и решающих важнейшие народно-хозяйственные проблемы.

Критика и самокритика, социалистическое соревнование, передовая научная методология диалектического материализма, идейная направленность, указания и деятельная помощь партии и правительства создают почву, на которой расцветают таланты, растут и множатся открытия и изобретения.

Такова советская наука, такова и советская физика.

За 30 лет она охватила весь диапазон от механики до ядерной физики почти без пробелов и вышла далеко за свои пределы в области химии, биологии, электротехники, теплотехники, агрономии, геофизики, изучения моря и геологии. По всему этому обширному фронту советские физики проложили новые пути, создали новые научные направления и научные школы, получившие признание во всём мире. Важнейшие из таких школ я попытался охарактеризовать в настоящем очерке. В эпоху Отечественной войны физики показали себя достойными сынами своей родины.

Характерной чертой советской физики является тесная связь теории и практики, чёткая марксистская методология, плановое развитие важнейших для народного хозяйства областей физики, коллективный характер научного творчества. Благоприятные условия, созданные эпохой бурного строительства социалистической индустрии и сельского хозяйства, привели к мощному росту нашей науки. Тысячи талантливых высококвалифицированных физиков выдвинули из своей среды рабочие и колхозное крестьянство. В десятки раз возрос объём и размах научного творчества; высоко поднят идейный его уровень по сравнению с дореволюционным прошлым. Из года в год Сталинские премии не могут охватить всех достойных кандидатов, выдвигаемых страной.