

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Б. М. Гохберг, Ленинград

Ленинградский физико-технический институт является одним из первых научных институтов, созданных советским правительством: он был организован уже в течение первого же года Октябрьской революции.

Организатором ЛФТИ, его бессменным директором и научным руководителем является академик Абрам Федорович Иоффе, шестидесятилетие со дня рождения и тридцатипятилетие общественно-научной деятельности которого отмечаются в этом номере журнала. Перед новым институтом были поставлены широкие задачи как в области глубокого физического исследования, так и в поисках путей установления тесной связи между физикой и техникой.

Нет возможности в краткой статье остановиться на истории развития Физико-технического института. Тематика института непрерывно расширялась, захватывала новые области науки и техники; ряд лабораторий и групп вырастали в самостоятельные, уже более специализированные физические и физико-технические институты.

История развития ЛФТИ — это в значительной степени история развития советской физики. Цель настоящего обзора дать описание института и главных направлений его работ только в самое последнее время.

Три проблемы охватывают всю тематику Института и определяют подразделение его на три основные группы: I. Группа физики атомного ядра; II. Группа электрофизики и III. Группа молекулярной физики.

I. ГРУППА ФИЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА

В настоящее время атомное ядро является крайним пределом нашего проникновения вглубь вещества. Поразительные открытия, сделанные в этой области, привлекают к этой проблеме большое внимание физиков всего мира. Значительные успехи в этой области имеют физики Ленинградского физико-технического института.

1. Ядерная изомерия. В 1935 г. И. В. Курчатовым, Л. И. Русиновым и др. были изучены превращения искусственно-радиоактивного брома, послужившие основанием для установления того, что существуют ядра с одинаковым зарядом и одинаковой

массой, которые, однако, распадаются с различной скоростью и, следовательно, чем-то различаются между собой. По аналогии с химическими соединениями эти ядра назвали изомерными. И. В. Курчатов и его сотрудники показали, что отличие ядер изомеров заключается в их различном энергетическом состоянии, когда один из изомеров обладает большей энергией, чем другой. Переход изомерного метастабильного ядра в основное состояние (новый вид ядерных превращений — изомерное превращение) сопровождается излучением γ -лучей, которые благодаря внутренней конверсии дают мягкое электронное излучение. Детально это явление было исследовано на броне. Явление ядерной изомерии представляет большой интерес для ядерной физики.

2. Деление урана. Исследование взаимодействия нейтронов с ядрами урана и тория в настоящее время привлекает большое внимание, так как в данном случае стоит вопрос не только об интересных физических явлениях, но также и о возможности практического использования ядерной энергии. В лаборатории И. В. Курчатова исследуется деление урана под действием медленных нейтронов и проводится изучение вторичных нейтронов, возникающих при этом делении. Исследования имеют целью выяснить возможность образования цепной реакции деления урана, что и может привести в будущем к использованию ядерной энергии.

При делении урана его ядра распадаются на два приблизительно равных осколка, образующих ядра соответствующих элементов. Молодым сотрудником института Г. Н. Флеровым, совместно с аспирантом Радиевого института К. А. Петржаком, было обнаружено новое замечательное явление. Оказалось, что кроме распада урана под действием бомбардировки нейтронами наблюдается спонтанный распад (также с образованием приблизительно равных осколков, образующих ядра новых элементов). Изучение этого явления имеет громадное значение для теории устойчивости тяжелых атомных ядер.

3. Проблема β -распада. Мировую известность получили работы лаборатории Алиханова по исследованию β -спектров радиоактивных элементов. Детальные исследования спектров электронов и позитронов, полученные в лаборатории Алиханова, являются ценным вкладом в область ядерной физики. Из этих исследований вытекает, что нейтрино (частица, гипотетически введенная Паули) должно обладать конечной определенной массой. Проводимые в настоящее время опыты по точному измерению электронного распада и энергии атомов отдачи, возникающих как при β -распаде, так и при захвате ядром орбитальных электронов, позволяют надеяться на возможность непосредственного доказательства существования нейтрино и определения его свойств.

4. Свойства быстрых электронов. С помощью магнитного спектрографа в лаборатории Л. А. Арцимовича исследовалось поглощение и рассеяние быстрых электронов, испускаемых радиоактивными элементами. Полученные Арцимовичем результаты установили хорошее согласие между опытом и теоретическими представ-



Ленинградский физико-технический институт

лениями, тогда как ранее выводы теории представлялись весьма спорными.

5. Циклотрон. Центральной своей задачей вся ядерная группа ЛФТИ ставит постройку мощного циклотрона для получения частиц с энергией порядка 10 MeV. Эта задача является первоочередной и наиболее важной, так как развитие советской ядерной физики в сильнейшей степени зависит от создания новой технической базы. По постановлению Совнаркома Союза ССР в 1940 г. в ЛФТИ должна быть закончена постройка циклотрона. Общее изучение ядерных реакций представляет большой практический интерес; уже сейчас искусственные радиоэлементы получили большое применение как индикаторы в химии, биологии и медицине. Все эти исследования стали возможными на основе мощной техники получения пучков заряженных частиц больших энергий. Наиболее совершенным способом получения искусственных быстрых частиц является циклотрон.

Первый циклотрон в Советском Союзе был построен в Радиовом институте Академии наук СССР. Циклотрон Ленинградского физико-технического института будет значительно больше и совершеннее циклотрона Радиового института. Он позволит получить пучки заряженных частиц с энергией до 10 MeV; его магнит весит 75 т, высокочастотный генератор имеет мощность в 100 kW, а создаваемые им нейтроны сделают биологически опасной зону радиусом в 50 м, что требует устройства специальной защиты.

6. Электронный ускоритель. Одновременно со строительством циклотрона ядерной группой проводится разработка нового типа установки для получения быстрых электронов с энергией порядка десятков миллионов электрон-вольт. Конструкция этой установки — электронного ускорителя (или квадруптрона) — основана на использовании напряжения высокой частоты и многократного ускорения электронов. В электронном ускорителе поток электронов многократно ускоряется и энергия доводится до миллионов электрон-вольт, подобно тому как в циклотроне ускоряются тяжелые частицы — протоны и ядра других элементов.

Новая и оригинальная конструкция электронного ускорителя была разработана Я. Л. Хургиным и Г. Я. Щепкиным. В 1940 г. ими должна быть построена и испытана модель ускорителя, которая должна давать электроны с энергией до одного миллиона вольт.

Создание мощной технической базы, и в первую очередь создание циклотрона, позволит ядерной группе ЛФТИ не только более широко и глубоко поставить задачу исследования атомного ядра, но также и вопросы разнообразных применений ядерной физики в химии, биологии и медицине.

II. ГРУППА ЭЛЕКТРОФИЗИКИ

Работы группы электрофизики Ленинградского физико-технического института посвящены: 1) исследованию полупроводников и их техническому применению и 2) вопросам постоянных высоких напряжений.

А. Полупроводники

Еще десять лет назад электротехника применяла только хорошо проводящие ток металлы или вовсе не проводящие его изоляторы. Совершенно забытой и неиспользованной оставалась громадная область материалов с промежуточными свойствами — полупроводники.

За последнее десятилетие полупроводники получают все увеличивающееся применение в технике. В физике интерес к полупроводникам быстро растет. Можно думать, что путь к пониманию электрических свойств металлов и изоляторов лежит через изучение промежуточной области — области полупроводников. Многообразие полупроводников и их свойств чрезвычайно велико. В электрическом отношении они охватывают интервал изменения электропроводности в 20 порядков величины.

В плане работ ЛФТИ проблема полупроводников занимает большое место. Работами этого направления непосредственно руководит А. Ф. Иоффе. Исследования прошлых лет показали, что даже еще далеко неполные имевшиеся теоретические представления позволяют найти новые пути решения практических задач и лучшего использования полупроводников в технике. Главнейшие направления работ по полупроводникам в ЛФТИ следующие:

1. Механизм электропроводности. Одной из основных характеристик полупроводника является электропроводность и ее зависимость от температуры. Изучение гальваномагнитных и термоэлектрических явлений позволяет определить характер носителей тока и преимущественный механизм электропроводности (электронная и «дырочная» проводимость). Эти исследования проведены для большого числа разнообразных полупроводников. Вопросы: 1) влияния примесей, содержание которых может радикально менять свойства полупроводников, вплоть до изменения механизма электропроводности, 2) изучения энергетических уровней электронов в кристаллической решетке и добавочных уровней, внесенных примесями и термической обработкой (спектральное распределение внутреннего фотоэффекта — спектр поглощения), 3) изучения диффузионных явлений внутри материала и на его граничных поверхностях, — составляют другую группу исследований, посвященных выяснению механизма электропроводности полупроводников.

2. Контактные явления. Исследуя переходные слои полупроводник—металл, А. В. Иоффе установила, что контакт металла с полупроводником, обладающим электронным механизмом проводимости, приводит к образованию слоя полупроводника повышенного сопротивления в том случае, если контактный потенциал металла выше контактного потенциала у полупроводника. Если полупроводник имеет «дырочный» механизм проводимости, то слой повышенного сопротивления образуется при контакте с металлом, контактный потенциал которого меньше, чем у полупроводника. Это явление имеет большое принципиальное значение для понимания изолирующих свойств диэлектриков и затруднения вхождения электронов из металлических электродов в диэлектрик.

Теории контактных явлений и выпрямительному эффекту посвящены работы Б. И. Давыдова.

3. Твердые фотоэлементы. К тому времени, как Институт приступил к разработке этой проблемы, во многих местах занимались исследованием и производством твердых селеновых фотоэлементов, нашедших большое практическое применение. На основе широкого экспериментального и теоретического изучения полупроводников можно было надеяться найти иные твердые фотоэлементы, с более высокими показателями. По предложению А. Ф. Иоффе сотрудники института — Ю. П. Маслаковец и Б. Т. Коломиец — исследовали возможность изготовления различных фотоэлементов. Особенно интересные результаты были получены с серно-таллиевыми фотоэлементами. Оказалось, что хорошие результаты давали только те фотоэлементы из сернистого таллия, в которых металл заряжался положительно. Ю. П. Маслаковец выяснил, что свет, вырывая в полупроводнике электрон, освобождает место для другого электрона, переходящего из прилегающего металла. Этот новый «положительный» фотоэффект находит свое объяснение в квантовой теории полупроводников.

Серно-таллиевые фотоэлементы с положительным фотоэффектом обладают широкой областью спектральной чувствительности (от 0,4 до 1,3 μ), причем максимум чувствительности лежит при 1,0 μ . Их интегральная чувствительность в 10—20 раз превышает чувствительность селеновых фотоэлементов.

Б. Т. Коломиец совместно с заводом «Ленкинап» осуществил звуковое кино на серно-таллиевых фотоэлементах. Эта установка уже больше года безукоризненно работает в одном из кинотеатров Ленинграда и обладает рядом важных преимуществ (отсутствие посторонних шумов). В короткий срок серно-таллиевые фотоэлементы начинают находить применение в различного рода автоматических устройствах.

4. Твердые выпрямители. В 1939 г. в ЛФТИ в лаборатории П. В. Шаравского был разработан технологический процесс производства мощных выпрямителей из закиси меди на сотни и тысячи ампер. Ставя перед промышленностью задачу массового выпуска меднозакисных выпрямителей, было необходимо изучить влияние качества меди (тех или иных примесей) на свойства выпрямителей. Эта работа в широком масштабе проводится П. В. Шаравским.

Параллельно меднозакисным выпрямителям много внимания уделяется улучшению качества селеновых выпрямителей и разработке их новых типов.

Работы Б. В. Курчатова привели к новым выпрямителям из системы сернистая медь—магний. Этот выпрямитель позволяет выпрямлять токи до 100 А при рабочей площади всего около 4 см². В результате длительной и настойчивой работы лаборатория Б. В. Курчатова добилась устранения одного из главных недостатков — старения; уже имеются технические модели выпрямителей этого типа. В настоящее время решается задача последователь-

ного соединения отдельных элементов (что раньше встречало ряд затруднений).

По сравнению с меднозакисными выпрямителями в выпрямителях из сернистой меди плотность тока повышена приблизительно в 200 раз. Чрезвычайно малый габарит и большая механическая прочность обещают этому выпрямителю широкую область практических применений. Следует отметить, что за последний год аналогичные выпрямители появились и в США, однако они в 10 раз хуже выпрямителей Б. В. Курчатова.

5. Термоэлементы. Полупроводники обладают термоэлектродвижущими силами, в несколько раз превосходящими термо-эдс полупроводников. Уже сейчас имеются термоэлементы, которые при нагревании дают в 25 раз больше электрической энергии, чем аналогичные термоэлементы в некоторых заграничных опытах. Изучение термоэлектрических и тепловых свойств полупроводников открывает возможность создавать гораздо более чувствительные приемники лучистой энергии, понизить их инерционность, а также осуществить мощные термоэлементы.

Как мы видим, наряду с серьезными теоретическими достижениями группа полупроводников имеет ряд ценных практических результатов, частично уже внедренных, частично внедряемых в нашу промышленность.

В. Постоянные высокие напряжения

1. Электростатические генераторы. С точки зрения ядерной физики и техники высокого напряжения большой интерес приобретают высоковольтные электростатические генераторы. Высоковольтные генераторы типа Ван-де-Граафа поражают своими гигантскими размерами. А. Ф. Иоффе предложил новый тип электростатического генератора, который может создавать не только высокие напряжения, но и значительные токи, занимая сравнительно небольшой объем. А. Ф. Иоффе совместно с Б. М. Гохбергом были разработаны и построены соответствующие модели, вполне подтвердившие расчетные данные. Можно ожидать, что эти генераторы найдут применение не только в физических лабораториях, но и для высоковольтных испытаний, для рентгеновской техники и для создания мощных электронных потоков.

Для лучшего использования изоляции при постоянном высоком напряжении были проведены исследования принудительного распределения потенциала по поверхности изоляции с помощью полупроводящих слоев. Исследования дали положительные результаты, и полупроводящие слои начинают уже применяться в генераторах этого типа.

2. Электрическая прочность газов. В связи с работами по электростатическим генераторам в лаборатории Б. М. Гохберга проводится исследование электрической прочности различных газов. Было известно, что некоторые газы обладают прочностью, в два-три раза большей, чем прочность воздуха. Большинство этих

газов вследствие неблагоприятных других физических и химических свойств не могло найти значительного практического применения. В настоящее время в ЛФТИ исследован газ «элегаз» с повышенной прочностью (в 2 раза по отношению к воздуху), обладающий физическими и химическими свойствами, благоприятствующими его применению в технике высокого напряжения, и в первую очередь в кабельной промышленности. Эти работы проводятся ЛФТИ совместно с заводом «Севкабель» и Государственным институтом прикладной химии в Ленинграде. Совместно с заводом «Севкабель» были проведены испытания отрезков кабеля, заполненного элегазом, которые дали положительные результаты. По решению Совнаркома СССР строится опытная ползаводская установка для производства элегаза и будут испытаны наполненные им кабели.

Наряду с вопросами практического исследования элегаза лаборатория имеет своей задачей исследование причин повышенной электрической прочности некоторых газов и сопоставление данных электрической прочности с молекулярными константами газов.

III. ГРУППА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Работы группы молекулярной физики ЛФТИ в последнее время посвящены изучению механических свойств как аморфных, так и кристаллических тел. Для первой группы тел главное внимание обращено на изучение полимерных веществ, применяемых в качестве пластмасс и каучуков. Для второй группы тел основным вопросом являются исследование механических свойств и испытание металлов.

А. Аморфные тела

Исследования предыдущих лет, проведенные в лаборатории П. П. Кобеко, показали аналогичный ход изменения электрических и механических свойств простых аморфных тел. Эти исследования в значительной мере позволили создать более ясные представления о строении аморфных тел. Химия полимерных веществ, т. е. веществ, состоящих из больших объединений молекул, применяемых в качестве пластмасс и каучуков, за последние годы значительно развилась и в настоящее время дает возможность получать полимерные вещества самой разнообразной химической природы. Однако, физика полимерных веществ находится в начальной стадии развития; еще мало выяснен вопрос о связи физических свойств полимеров с их химическим строением и структурой. Поэтому техника полимерных материалов не имеет руководящей теории, которая позволила бы найти путь управления свойствами этих тел. В последнее время центральной проблемой работ ЛФТИ по аморфному телу является изучение полимеров.

1. Общие закономерности свойств полимеров. Проведенные в лаборатории П. П. Кобеко и А. П. Александрова исследования показали, что закономерности, определяющие свойства полимерных материалов, весьма сходны с закономерностями, имеющими место в простых аморфных телах, не осложненными высоко-

молекулярным строением. Вместе с тем условия связи отдельных молекул в сложный комплекс и этих комплексов между собой определяют все свойства полимеров. Изучение совместной полимеризации и получение образцов совместных полимеров дали ряд интересных и важных результатов в направлении получения полимеров с повышенными качествами. На ряде полимеров исследована теплоустойчивость и выясняются способы ее повышения.

2. Морозостойкие резины. На основе результатов своих исследований по полимерам П. П. Кобско и А. П. Александров, работающая совместно с заводом им. Лебедева, добились увеличения морозостойкости резин из искусственного каучука. Это является весьма важным практическим результатом.

3. Пластикация жестких каучуков. Интересная работа была проведена сотрудником Института С. Н. Журковым; ему удалось найти метод пластикации жестких натрий-дивиниловых каучуков. Прослежена кинетика механизма окислительных процессов, приводящих к деструкции, обуславливающей пластикацию каучука, не уменьшая в то же время его механической прочности. Совместно с заводом ведется разработка технологии массового производства таких резин. Опыты дают положительные результаты.

4. Принципы конструирования автошин. М. О. Корнфельдом разработана методика испытания резин на усталость; соответствующие приборы уже установлены на некоторых заводах и в институтах резиновой промышленности. В результате обработки литературы по автошинам за последние двадцать лет и собственными исследованиями лаборатории М. О. Корнфельдом получены данные, помогающие усовершенствовать методы расчета автошин.

Кроме исследования полимеров в группе аморфных тел продолжают исследования простых аморфных тел и, в частности, исследования упругих свойств в интервале от жидкого до твердого состояния.

Получения интересных результатов можно ожидать от изучения свойств аморфных тел при высоком давлении. В лаборатории Е. В. Кувшинского разрабатывается и осваивается методика для этих испытаний при давлениях до 10 000 ат.

Работы по изучению аморфных тел, проводимые в ЛФТИ, характерны тем, что они выполнялись с помощью новых, разработанных этой группой методов. Это позволило построить новые конструкции приборов, которые с успехом применяются на ряде промышленных предприятий.

В. Прочность и пластичность металлов

Металл является в технике главным конструкционным материалом, и поэтому изучение его механических свойств представляет большой интерес. В настоящее время из числа этих свойств ЛФТИ останавливает свое внимание на основных вопросах прочности и пластичности, имеющих большое производственное значение; это вопросы хладноломкости сталей, т. е. особо опасного разрушения ее, без пластической деформации, при однократном воздействии

нагрузки—ударе, и вопросы пластической деформации цветных металлов при высоких температурах, при которых обычно производится техническая обработка металлов.

Эти работы являются непосредственным развитием работ А. Ф. Иоффе по исследованию прочности и пластических свойств кристаллов.

1. Хладноломкость. Вопросы хладноломкости исследуются в лаборатории Н. Н. Давиденкова уже много лет. В то время как за границей ограничились установлением факта существования критической температуры хрупкости, Ленинградский физико-технический институт занялся подробным анализом процесса и выяснением законов хрупкого разрушения в различных условиях.

Сотрудником Института Ф. Ф. Витманом была установлена связь между критической температурой хрупкости и скоростью удара. Эта работа особенно важна, так как в последнее время за границей появились ошибочные представления, основанные на неправильно проведенных там опытах. Работа продолжается на специально построенном копре, с особо высокой скоростью удара (до 100 м/сек). Будет проведена проверка установленной связи для еще больших скоростей деформации на большом числе материалов.

Ф. Ф. Витманом и Е. М. Шевандиным проводится изучение влияния масштабного фактора на ударную прочность. Этот вопрос имеет громадное значение при испытаниях материалов и представляет большой интерес для заводских конструкторов. Исследуются причины уменьшения ударной прочности с увеличением размеров; повидимому, они связаны с увеличением вероятности нахождения дефектных трещин.

Одновременно Е. М. Шевандиным производится исследование влияния геометрии (формы) и напряженного состояния образцов на ударную прочность. Эта работа дополняет изучение влияния масштабного фактора.

2. Пластичность металлов. Современные методы технологии (например, бесслитковый прокат) тесно связаны с вопросами пластической деформации при высоких температурах. Поэтому в развитие своих прежних работ по пластической деформации ЛФТИ ставит своей задачей изучение законов пластического деформирования и разрушения металлов при высоких температурах, в особенности при температурах, близких к температуре плавления. Исследования этих вопросов проводятся А. В. Степановым в двух направлениях:

1. Исследование механических свойств цветных сплавов в монокристаллическом и поликристаллическом состоянии в широком интервале температур. Работа имеет целью выяснение причин, обуславливающих зависимость механических свойств и различных типов разрушения от условий службы сплавов. В данное время работа проводится на латунях различных составов.

2. Разрабатываются новые методы изучения напряженного состояния при пластическом деформировании с помощью моделей из прозрачного кристаллического материала (хлористого серебра).

Из перечисленного (далеко не полного) краткого описания работ, проводимых в Ленинградском физико-техническом институте, видно, что стремление его руководителя и директора — академика Абрама Федоровича Иоффе — к непрерывной и тесной связи между физикой и техникой в настоящее время в значительной степени достигнуто. Практические результаты достигнуты не за счет снижения теоретического уровня исследований, а, напротив, благодаря строго научному подходу к важным для техники явлениям.

Несомненно, что в дальнейшем под руководством А. Ф. Иоффе Институтом будут достигнуты в этом направлении еще большие успехи.
