ОТЧЕТ О РАБОТЕ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

А. Ф. Иоффе, Ленинград

Условия моей научной работы

В одном докладе я должен дать отчет о всей своей 30-летней научной деятельности. Начав научную работу в Мюнхене, я перенес ее в 1906 г. в тогдашний С.-Петербург. Через годы царской реакции, империалистической войны и шовинизма, через героические, но тяжелые годы гражданской войны моя научная жизнь перешла в эпоху построения социализма. Революция изменила ее внутреннее содержание. В дореволюционный период наука была для меня только любимым занятием, социальное значение которого меня мало интересовало. С начала революции она сделалась в то же время частью величайшей задачи построения коммунистического общества. Я счастлив, что сравнительно рано понял это новое значение науки и активно строил физику как научную базу социалистической техники. С этой целью был основан Физико-технический институт, с которым связана вся моя научная работа. Она значительно углубилась и расширилась в эпоху революции; к этой эпохе относятся важнейшие ее результаты; надеюсь, что и социалистическому строительству я принес некоторую пользу.

В самой физике последние 30 лет ознаменовались радикальными сдвигами. Начало моей работы совпало с победным шествием атомизма. От феноменологического описания явлений физика переходила к изучению их механизма, от суммарных результатов — к элементарным процессам. Своими работами 1909, 1911 и 1913 гг. я участвовал в обосновании атомной структуры электричества и квантовой природы света.

В 1912 г. Лауэ открыл интерференцию рентгеновых лучей в атомных решетках кристаллов; на этой почве Борн построил электрическую теорию кристаллических решеток. В 1913 г. появилась модель атома Бора, которая сделалась руководящей нитью для всей атомной физики. Это были основы для моей работы по изучению твердых тел. Формальную теорию решеток Борна я старался заполнить физическим содержанием, изучая свойства кристаллов. Один из опытов, устанавливающих квантовую природу света, был сделан мною и Добронравовым в 1924 г.

Противоречия в модели атома привели в 1925 г. к появлению волновой механики, которая по своей логической стройности и

охвату накопленного опыта превосходит все, что раньше знала физика. Потребовался коренной пересмотр основ всей физики. Вместе с этим изменились и многие мои взгляды на процессы в твердых телах, изменился и характер их исследования. Опыты по поляризации электронных волн, опубликованные мною и Арсеньевой, относятся к периоду обоснования волновой механики.

Вскрыв атомное ядро, волновая механика достигает здесь границ своей применимости. Мы вступаем в новый этап теоретической физики, который в технике отражается переходом от сотен тысяч вольт к миллионам и десяткам миллионов вольт. Здесь нас ждут еще новые открытия и новые радикальные сдвиги.

Моя научная жизнь прошла сквозь все эти этапы.

Далеко не все, что я думал 30 или 10 лет тому назад, сохранило для меня свое значение и сейчас. Не все направления исследования оказались плодотворными и правильными. В некоторых работах я позднее нашел прямые ошибки. Однако основная моя научная работа на протяжении всех 30 лет представляет собой систематическое развитие и углубление проблемы твердого тела и электричества. В современной научной картине я вижу немало участков, поставленных и выясненных нашими работами или возникших под их влиянием. Длительная полемика, развернувшаяся вокруг наших взглядов, оказалась плодотворной, так как она вызвала целый поток новых фактов.

За 18 лет я напечатал около 40 работ, а Физико-технический институт — около 500, причем за последние годы число работ растет из года в год — ФТИ находится на подъеме своей научной продукции. Сводка важнейших результатов этих работ дана в материалах к моему докладу. Не повторяя их, я постараюсь развернуть перед вами основные моменты наших исследований твердого тела и атомного ядра. Из нашей коллективной работы я часто не могу выделить своей личной доли и поэтому буду в дальнейшем называть нашей работу, в которой я принимал активное участие.

Механические свойства кристаллов

Типичным твердым телом считается кристалл со строго периодическим расположением отдельных элементов (атомов и молекул). Это то взаимное расположение атомов, которое отвечает наименьшей свободной энергии тела. Всякое изменение этого наивыгоднейшего расположения требует затраты внешней работы и создает силы, стремящиеся вернуть кристалл к его естественному состоянию. Таково происхождение упругости твердых тел.

Подвергая кристалл действию электрического поля, мы смещаем имеющиеся в нем положительные заряды в направлении поля, а отрицательные — в противоположном. Это — диэлектрическая поляризация. Наконец, в кристалле имеются заряды, способные под действием поля создавать ток. Так представляются свойства кристаллов при статических или очень медленно меняющихся воздействиях; модель кристалла качественно вполне объясняет эти его

свойства. Но XX в. создал быстро действующие машины, вращающиеся не сотни, а тысячи и десятки тысяч раз в минуту, токи с числом перемен не сто, а миллион и сто миллионов в секунду. Пришлось изучать воздействия механических и электрических сил во времени, и здесь-то и обнаружился ряд непредусмотренных моделью кристалла новых явлений: упругое последействие, усталость, наклеп, ударная хрупкость, диэлектрические потери, гистерезис и т. д.

Физика сначала реагировала на эти явления чисто описательным их изучением. Начал накапливаться опытный материал, который объединялся термином „аномалий", диэлектрических и механических. Французский физик Буасс в своем капитальном труде о механических свойствах металлов приходит к заключению, что в этой области вообще нет законов, и свойства каждого куска железа надо изучить отдельно, чтобы предвычислить его поведение в машине. Между нашими представлениями о твердом теле и его реальным поведением образовался разрыв. Теория не понимала практики. Основной целью моей научной работы было устранение этого разрыва.

Первым явлением, в котором я попытался разобраться, было упругое последействие. Всякая деформация оставляет медленно исчезающий след, а следы от всех испытанных телом воздействий накладываются друг на друга. В однородном, правильно построенном кристалле не должно быть места последействию. Но ведь тела, в которых наблюдалось упругое последействие, и не были такими кристаллами. Поэтому я занялся изучением последействия в кристалле кварца и показал на опыте, что в нем нет истинного последействия, а наблюдающиеся явления запаздывания могут быть сведены к пьезоэлектрическим и тепловым изменениям. Этот результат был использован для измерительных приборов и блестяще подтвержден радиотехникой. Стабилизация пьезокварцем не дает действительно никакого затухания. Что, наоборот, при сложном химическом и физическом строении тела возникает последействие, показал в свое время Максвелл. Очень важный дальнейший успех в этом вопросе достигнут в последнее время в Харьковском ФТИ В. Горским, создавшим теорию упругого последействия в кристаллах сплавов.

При упругом последействии тело все же, в конце концов, возвращается к первоначальной форме. Но при более сильных воздействиях твердое тело течет, как вязкая жидкость, и длительно изменяет свою форму. Этим явлением пластичности, особенно резко проявляющимся при высоких температурах, широко пользуется техника в поковках, прокате. Пластичность наблюдается не только в сложных агрегатах кристалликов, каковыми являются технические металлы, но и в отдельных кристаллах. Леманн видел в пластичности кристаллов каменной соли появление новой модификации особого рода; других объяснений вообще не было. Как может кристалл без воздействия извне оставаться изогнутым, когда атомы его стремятся построиться правильными рядами?

Рентгеновский метод давал возможность проследить не только за внешними изменениями формы кристалла, но и за теми перестройками, которые испытывают атомы внутри кристалла. Уже в 1918 г. мы воспользовались рентгеновыми лучами для изучения пластической деформации, наблюдая в темноте на флуоресцирующем экране отражение рентгеновского пучка от определенных внутренних кристаллографических плоскостей, заполненных атомами. И здесь выяснилось, что, начиная с некоторой нагрузки, отраженные зайчики вдруг раздваиваются, умножаются и, наконец, растягиваются в целые хвосты. Это значит, что, переходя определенный предел напряжения, кристалл распадается на отдельные кристаллики, сдвинутые и повернутые друг относительно друга. Цельного кристалла уже нет — это конгломерат кристалликов, построенный определенным образом.

Изучение этого явления астеризма и возникающих при деформации кристалла структур (текстур) составило с тех пор целую науку; оно широко применяется в заводских лабораториях и институтах по изучению металлов, волокнистых веществ, резины и т. п.

Сначала я думал, что наблюдаемое в рентгеновых лучах первое расщепление пятен характеризует предел упругости, т. е. самое начало остаточной деформации. Но точное измерение деформации и в особенности разработанный для этой цели Обреимовым и Шубниковым оптический метод показали, что задолго до появления первых искажений рентгенографической картины в кристалле наблюдаются сдвиги по определенным кристаллографическим плоскостям. Чем правильнее построен кристалл, тем раньше можно заметить первые сдвиги. Классен-Неклюдова и Подашевский наблюдали их уже при 9 *г/мм*^{2}, тогда как рентгеновский предел лежит при 900 *г/мм*^{2} и соответствует не пределу упругости, а пределу текучести — течению уже деформированного кристалла при мало меняющемся напряжении. Предел текучести снижается с повышением температуры и достигает нуля при температуре плавления. Это было показано как для каменной соли, так и для кристаллов алюминия и магния. Как известно, жидкость характеризуется тем, что для нее предел текучести равен нулю. Когда кристалл под действием любого воздействия начинает течь, кристаллическая решетка становится неустойчивой — наступает плавление. Позднее Шмид нашел, что предел текучести висмута перед самым плавлением перестает уменьшаться и не достигает нуля, но я думаю, что это результат рекристаллизации, появления междукристаллической упругости.

Позже мы заметили новый эффект — скачкообразную деформацию: при непрерывно приложенной нагрузке кристалл растягивается отдельными скачками, сопровождаемыми стуком. В тихой комнате явление напоминает равномерное тиканье часов. Оказалось, что каждый скачок представляет собой смещение на 1—2 μ и состоит из целой системы почти одновременных сдвигов. Явление изучалось как у нас, так и за границей. Теорию его на основе рекристаллизации дали Давиденков и Классен-Неклюдова. С этими

исследованиями связана была и новая методика получения монокристаллов металлов, широко использованная и у нас и за границей.

После разрешения загадки пластичности кристаллов стала на очереди загадка их малой прочности. Электрическая теория молекулярных сил утверждала, что силы сцепления в несколько сот раз превышают напряжения при разрыве кристалла. Каменная соль должна выдерживать напряжения до 200 *кг/мм*², тогда как она на опыте при всех температурах разрывается при 400 *г/мм*².

Сопоставляя ход прочности и предел текучести с температурой, мы прежде всего установили различие области хрупкого и пластического разрыва. Если предел текучести достигается раньше, чем кристалл разрывается, то самый процесс течения упрочняет, как мы показали, кристалл в 10—12 раз, и разрыв наступает при 5 *кг/мм*² вместо 0,4 *кг/мм*². При более низких температурах мы имеем хрупкий разрыв без течения, хотя и с предварительными сдвигами.

Уже самое явление упрочнения при течении кристалла показывает, что силы сцепления значительно больше обычной практической прочности. Разрыв происходит не оттого, что внешняя сила превышает силы сцепления по всей поверхности разрыва. При хрупком разрыве, когда прочность особенно мала, разрыв начинается обычно с резкой поверхностной неоднородности, трещинки или резкого сдвига. На ребре этой трещины концентрируется напряжение, трещина разрывается дальше, пока весь кристалл не будет разорван. Чтобы устранить эти резкие поверхностные неоднородности в момент их появления, я пробовал разрывать соль в воде и действительно получил резкий эффект. Соль не разрывалась хрупко, а растягивалась и при сильном растяжении выдерживала до нескольких десятков *кг/мм*². Главное было таким образом выяснено: силы сцепления действительно достигают теоретически рассчитанных значений, слабая же практическая прочность определяется механизмом разрыва и в первую очередь явлениями на поверхности.

В другом опыте мы избавились от опасного влияния поверхности, не погружая соль в воду. Шар из соли, предварительно охлажденный в жидком воздухе, внезапно вносился в расплавленное олово. При этом внутри возникали напряжения, достигавшие 50 *кг/мм*², в то время как на поверхности не было совсем растягивающих усилий.

Опыт с разрывом соли в воде вызвал оживленную дискуссию. Самый факт был многократно подтвержден—он служит теперь предметом лекционного опыта,—но ему давались самые разнообразные объяснения. Смекаль, например, приписывал большую прочность соли проникновению воды внутрь соли. Такое проникновение действительно имеет место, но, как показали специальные опыты, оно не связано с упрочнением соли. Насыщенный раствор соли, хотя и проникает внутрь, но ничего в свойствах соли не меняет. Достаточно защитить от действия воды маленький участок поверхности соли, чтобы обеспечить хрупкий разрыв, хотя вода так же легко входит в соль, как и обычно. Наши опыты прямо показывают,

что основной источник малой прочности лежит на поверхности кристалла. Это показывают прямые опыты с нанесением царапин на соль. По мысли Степанова, очагами разрушения кристалла являются сдвиги, выходящие на поверхность во время деформации.

При пластическом разрыве во время течения материала опасными являются самые сдвиги внутри кристалла. Поверхность здесь не играет существенной роли. Изучая условия перехода от хрупкости к пластичности, Степанов нашел кристаллы, напоминающие металл даже по звонкости.

Особенно отчетливо выступает роль поверхности при хрупком разрыве тонких пластинок слюды или нитей из стекла и кварца. Адсорбированная на поверхности нити влага снижает ее прочность в 5 раз, спирт — в 3 раза и бензол — в 2 раза по сравнению с чистой сухой поверхностью. Тонкие и короткие нити обладают большей удельной прочностью, чем толстые и длинные. Достаточно снять поверхностный слой стекла погружением в плавиковую кислоту, чтобы в несколько раз увеличить его прочность. Те же свойства обнаруживаются и на хрупком разрыве стали. Полированная или покрытая медью сталь прочнее шлифованной. Хромирование снижает хрупкую прочность.

Изучение механизма сдвигов и упрочнения кристаллов, механизма хрупкого и пластического разрыва, рекристаллизации и роли поверхности продолжается как в Ленинградском, так и в Уральском и Украинском ФТИ. Наряду с этим мы ставим задачи о свойствах междукристаллических связей в металлах и о пластмассах. Сейчас на основе квантовой механики начинает строиться новая, более совершенная теория кристаллических решеток и молекулярных взаимодействий. Можно надеяться, что теория поможет лучше понять механические свойства твердого тела.

Диэлектрики

Еще более запутанной представлялась картина электрических свойств твердых диэлектриков. Так называемое электрическое последействие сложных агрегатов исчезает в отдельных кристаллах. Но и здесь ток убывает с течением времени при постоянном напряжении; с прекращением его появляется ток обратного направления. Одни образцы проводят в тысячи раз лучше, чем другие. После нагревания, высушивания, освещения ток меняется в десятки раз. Такие выдающиеся ученые, как Пьер Кюри и Э. Варбург, объясняли свойства кристаллов, сравнивая их либо с последовательно соединенными аккумуляторами внутри кристалла, либо с поляризацией особого рода.

В этот хаос мне удалось внести некоторую ясность: основной причиной аномалии оказались объемные заряды, застревающие в кристалле на примесях и концентрирующиеся в определенных участках. Удаляя последовательно один участок за другим, я мог установить местонахождение зарядов. При помощи зондов, распо-

ложенных вдоль кристаллов, я мог точно изучить их расположение и величину.

Особенный интерес представлял кальцит, где заряды концентрируются в слое порядка 0,001 *мм* вблизи катода и создают здесь поле в несколько миллионов V/*см*. Это явление было нами тщательно исследовано и привело к полному выяснению законов и механизма образования концентрированной поляризации.

Учет объемных зарядов позволил дать четкое определение электропроводности диэлектриков и метод ее определения. Таким образом аномалии диэлектриков были сведены к движению в них электрических зарядов — ионов.

Капризную изменчивость тока при различных воздействиях удалось свести к увеличению числа свободных зарядов под действием света, теплового движения и рентгеновых лучей.

Обнаружено было громадное влияние ничтожных примесей как на величину тока, так и на накопление зарядов в диэлектрике. Путем многократной перекристаллизации нам удалось получить химически чистые кристаллы, которые давали строго определенную электропроводность и не показывали поляризации.

В противоположность этим утверждениям, основанным на непосредственных опытных данных, Смекаль выдвинул другую точку зрения, по которой все „чувствительные" явления в кристаллах (в том числе и электропроводность) определяются одной и той же причиной — испорченными местами кристаллической решетки. Это верно по отношению к механическим свойствам, но неверно по отношению к большинству электрических явлений. Большая дискуссия, организованная в Берлине в 1931 г., закончилась заявлением Смекаля, что в электропроводности он имеет в виду лишь химические неоднородности. Спустя несколько лет, Смекаль, однако, вернулся к своим утверждениям и сумел распространить свои взгляды среди многих физиков, а его верные ученики и поныне считают их непреложной истиной. Сопоставляя всю совокупность известных фактов, я и сейчас прихожу к выводу, что основным в электропроводности являются примеси, а не случайные искажения. Изучение диэлектриков привело к исследованию их электрической прочности. Одной из причин пробоя оказалось наступающее при определенных напряжениях лавинообразное нагревание его. Этот процесс теплового пробоя был систематически изучен Н. Н. Семеновым и А. Ф. Вальтером, а теория его дана В. А. Фоком. Но при достаточно низких температурах механизм пробоя не связан с нагреванием — это электрический пробой. Обычно он наблюдался при полях в несколько тысяч V/*см*. В тонких скоплениях зарядов — в кальците, а затем в тонких слоях стекла и слюды — нам удалось наблюдать без пробоя поля в миллионы V/*см*. Опыты, казалось, подтверждали полную аналогию с пробоем газа, где накопление новых зарядов происходит под влиянием ударов ранее созданных электронов и ионов о нейтральные молекулы. Эта теория пробоя указывала путь радикального улучшения изоляции путем перехода к тонкослойной изоляции. Опыты, поставленные

в связи с этой теорией в лаборатории Сименса в Берлине, полностью подтвердили наши результаты на технических изоляционных материалах. Однако повторение тех же опытов в наших лабораториях показало их ошибочность. Нам удалось установить никем ранее незамеченные источники погрешностей наших прежних опытов. Устранив их, мы убедились, что в среднем прочность не зависит от толщины, но отклонения от средних значений тем больше, чем тоньше образец. Причины ошибочных результатов измерений, сделанных у Сименса, я и сейчас не знаю.

Во всяком случае выяснилось, что тот путь улучшения изоляции, который исходил из ионизации столкновением ионов или электронов, для твердых диэлектриков технического успеха не обещает. Однако систематическое изучение явления пробоя и работа над более совершенной изоляцией не остались бесплодными: разработаны были новые, весьма совершенные изоляционные материалы — полистирол и ацетилцеллюлоза. Разработаны методы получения диэлектриков с большой диэлектрической постоянной (двуокись титана и трикрезилфосфат) и методы защиты от наиболее опасного, краевого пробоя. Наконец, создана была школа специалистов по изоляции, которая резко улучшила продукцию и снизила брак на заводах „Электросигнал“ в Воронеже, заводе им. Орджоникидзе в Москве, Харьковском электромеханическом заводе, заводе „Буревестник“ в Ленинграде.

Полупроводники

Движение ионов в кристаллах в основном выяснено. Изучается движение ионов в аморфных телах, и здесь тоже установлены основные закономерности.

Но особый теоретический интерес представляют движение электронов в периодическом поле кристалла и условия перехода электронов из металла в твердый и жидкий диэлектрик. От электронных проводников, или, как их называют вследствие малой проводимости, полупроводников, открывается прямой путь к пониманию металлов, с одной стороны, и изоляторов, — с другой. Проблемы пробоя и улучшения изоляции, видимо, могут быть решены лишь на изучении полупроводников. С другой стороны, полупроводники получили за последние годы широкое техническое применение в качестве выпрямителей и фотоэлементов. Поэтому с 1931 г. эта проблема была поставлена в Украинском и Ленинградском ФТИ. Регулярно собираются с тех пор конференции, которые охватывают как ряд лабораторий, так и ряд заводов.

Вот важнейшие результаты нашей работы.

То, что раньше было нами установлено для ионных проводников, оказалось относящимся и к электронным, — ток складывается из тока, создаваемого основной решеткой кристалла, и из тока, определяемого химическими примесями. Установлены зависимости электрических свойств от концентрации примесей, от температуры, электрического и магнитного полей и от освещения.

Этот богатый фактический материал привел к более определенным представлениям о механизме тока. Оказалось, например, что в громадном большинстве полупроводников нет простого переноса электронов электрическим полем. Все свойства скорее напоминают движение положительного заряда. Действительно, Пайерльсом и Бронштейном изучен был механизм тока, удовлетворяющий этим опытным данным. Этот механизм напоминает движение позитронов. В токе перемещается не вырванный светом или тепловым движением электрон, а оставленный им положительный заряд.

Работа вырывания электронов, вопреки ожиданию, зависит от количества примесей.

Как и в ионных кристаллах, в полупроводниках обнаружено накопление объемных зарядов, образованных непроводящими слоями.

По данным Поля и Гуддена, фотопроводимость не наблюдается при сильном поглощении именно там, где ее следовало бы ожидать, а наблюдается лишь при значительно более длинных волнах, где поглощение уже невелико. Производя, однако, правильный оптический учет электропроводности и поглощенного в закиси меди света, мы устранили это противоречие (так называемую „загадку фотоэффекта") и показали, что фотопроводимость определяется поглощенным светом и наблюдается только внутри полосы поглощения.

При освещении полупроводящих кристаллов появляются электродвижущие силы. Свойства их вызвали оживленную дискуссию и ряд неверных и противоречивых утверждений. Экспериментальный анализ этого явления привел нас к теории, находящейся в хорошем согласии с опытом. Эта теория предполагает, что в освещенном кристалле образуются два равных и противоположных по своим носителям тока. Замечательным подтверждением их присутствия явилось открытие Кикоиным и Носковым нового фотомагнитного эффекта — электродвижущих сил, достигающих невиданной ранее величины в 20 V при освещении закиси меди, помещенной в магнитном поле. Эффект подробно исследован и повлек за собой открытие еще одного вторичного фотомагнитного эффекта.

Воззрения волновой механики оказались удачной теоретической схемой для изучения полупроводников. Однако опыт вносит в нее значительные дополнения (прилипание электронов, появление целой системы уровней примеси, локализация свободных мест и др.). Работа еще не закончена, но намечены уже контуры физической теории полупроводников.

В вопросе о выпрямительных свойствах полупроводников решительный успех, приведший к объяснению этих свойств, создали выпрямители с искусственными запирающими слоями из различных диэлектриков, а также еще незаконченное исследование поведения полупроводников в сильных полях. Устранены также противоречия в объяснении фотоэлементов с запорным слоем и установлена прямая связь их с фотопроводимостью.

Работники ВЭИ, ЦРЛ, „Светланы", Наркомсвязи участвовали в обсуждении проблемы полупроводников. Главный производитель твердых выпрямителей, завод им. Козицкого, постоянно консультирует по вопросам производства и имеет в своем распоряжении результаты наших измерений.

Сегнето-электрики и аморфные диэлектрики

Исследования кристаллов сегнетовой соли привели к открытию нового явления — электрического аналога ферромагнетизма, названного И. В. Курчатовым сегнето-электричеством. Явление насыщения, гистерезиса и точки Кюри с соответственными электротермическими эффектами, а также величина диэлектрической постоянной, достигающей 200 000, не только сближают эти явления, но и ставят более общий вопрос об энергетических превращениях в твердых телах.

Исследование аморфных твердых тел, основы технической изоляции, установило общие законы для электропроводности и диэлектрических потерь, однозначно определяемые температурой затвердевания. Выяснены процессы склеивания, условия вязкости и гибкости таких тел. Здесь создается теоретическая база не только изоляции, но и одного из наиболее передовых производств — производства пластмасс.

Атомное ядро

Атомное ядро является в противоположность твердому телу новым элементом в тематике ФТИ. До 1932 г., когда ядро сделалось центральной проблемой физики, лишь одна лаборатория Скобельцына изучала свойства радиоактивных лучей. Разработанная здесь методика камеры Вильсона в магнитном поле сделалась сейчас основным методом изучения ядра и космических лучей, методом, который привел, например, к открытию позитронов.

Новый этап в физике ядра тесно связан с успехами высоковольтной и вакуумной техники. Появление выпрямителей на 500 000 V привело к успешной бомбардировке ядер лития и других элементов. В свою очередь задачи атомного ядра на наших глазах создают новую технику миллионов вольт. Украинский и Ленинградский ФТИ принимают живейшее участие в этой работе, одновременно создавая материальную базу для изучения атомного ядра.

Однако еще без этой базы, не имея радиоактивных препаратов, ФТИ достиг за последние 2 года больших успехов. На ряде ядерных реакций установлена независимость свойств ядра от исходных продуктов и от процесса перехода. Показано, что ядерные реакции разветвляются по всем теоретически возможным путям. В некоторых случаях (например Br) обнаружены новые изотопы, противоречащие общим законам их образования, указывающие на возможность одновременного вылета двух нейтронов или

на изомерию в ядре. Установлено, что для данного вида ядер имеется определенный интервал скоростей медленных нейтронов, особенно часто приводящий к ядерной реакции. С большой точностью измерены распределения электронов и позитронов по скоростям в естественных и искусственных радиоактивных процессах. Эти новые и достоверные результаты существенно меняют картину β-распада и энергетические балансы ядерных реакций. Получены указания на новые пути взаимодействия быстрых электронов с ядрами. Противоречия в явлении взаимодействия нейтрона с протоном устранены точными измерениями Курчатова.

Новый результат выдающегося принципиального значения получен братьями Алихановыми и Арцимовичем всего два дня назад по вопросу о применимости законов сохранения энергии и количества движения к атомному ядру и к энергетическим превращениям порядка миллионов вольт. В самые последние месяцы этот закон снова был поставлен под вопрос работой Шенкланда, который нашел, вопреки прежним измерениям, что при эффекте Комптона (при столкновении фотона с электроном) появляющиеся в результате столкновения фотон пониженной частоты и электрон не вылетают одновременно по тем направлениям, которые диктуются законами сохранения. Если бы это наблюдение было правильным, то не только законы сохранения, но и самое существование фотона пришлось бы отвергнуть или существенно видоизменить. Крупнейшие авторитеты Америки и Европы признали экспериментальную убедительность опыта *. Однако подробный анализ, которому подвергнуты были в нашем институте опыты Шенкланда, выявил серьезнейшие противоречия, ставящие под сомнение этот сенсационный результат. У нас поставлены в возможно чистом виде проверочные опыты, и через несколько месяцев мы надеемся получить окончательный ответ.

Сейчас уже закончен другой, не менее принципиальный опыт, доказавший, наоборот, применимость законов сохранения к каждому индивидуальному акту, а не только к их суммарным результатам. При соединении позитрона с электроном их электрические поля, а с ними и их энергия излучаются в виде электромагнитных волн. Так как электромагнитное излучение фотона уносит вместе с энергией и количество движения, которого не было у столкнувшихся позитрона и электрона, то единственный возможный выход, удовлетворяющий законам сохранения, это испускание одновременно двух фотонов одинаковой частоты в прямо противоположных направлениях. Опыты Арцимовича и братьев Алихановых действительно подтвердили этот вывод. Они поставили счетчики фотонов в двух противоположных направлениях от места соединения пози-

* В самое последнее время (летом 1936 г.) рядом новых работ различных исследователей (Якобсена, Боте и Майер-Лейбниц, наконец — самого Шенкланда) была показана неправильность первых опытов Шенкланда и полная применимость законов сохранения также и к процессу рассеяния фотонов электронами. См. об этом в одном из ближайших номеров „Успехов". *Ред.*

тронов с электронами. При этом они в согласии с расчетом получили 80 случаев, когда фотоны приходили в оба счетчика одновременно, тогда как случайных совпадений было при тех же условиях только 23. Когда те же счетчики были поставлены под прямым углом, получилось только 22 случайных совпадения, как и следовало ожидать.

Опыты Алихановых и Арцимовича доказывают:

1) что соединение позитрона и электрона строго подчиняется обоим законам, сохранения энергии и количества движения;

2) что испускание электронов при эффекте Комптона в счетчиках происходит одновременно со столкновением фотона (это косвенно опровергает Шенкланда).

В сочетании с другими уже известными фактами эти опыты устанавливают справедливость законов сохранения энергии и количества движения и делают крайне сомнительными результаты Шенкланда.

Несколько десятков печатных работ, около десятка новых изотопов и ряд новых ядерных реакций лишь отчасти характеризуют развернутую за последние два года работу.

Атомное ядро — это сейчас, несомненно, одна из узловых проблем физики. Здесь решается вопрос о соотношении вещества, электричества и света. Здесь открывается следующий этап познания и овладения явлениями природы, показателем которого являются открытые Блеккетом „ливни" частиц. Здесь, защищенные энергетическими барьерами в миллионы вольт, скрыты громадные запасы энергии и возможности перестройки элементов. Путь к этим увлекательным перспективам ведет через создание высоковольтной техники на миллионы и десятки миллионов вольт. Овладение ею будет обозначать начало нового этапа в физике, а может быть и в энергетике.

Проблемы социалистической техники

Помимо чисто физических исследований, я пытался ставить и более общий вопрос о задачах социалистической техники, вытекающих из современной физики. В ряде докладов и статей я сформулировал около 30 более отдаленных задач из области энергетики, электрификации, новых технических материалов, строительства зданий и сельского хозяйства, по которым следовало бы поставить предварительные исследования. Сюда относились фотохимическое, фотоэлектрическое, термоэлектрическое и тепловое использование солнечной энергии, использование северного холода, дешевых источников энергии, дешевых и легких аккумуляторов и гальванических элементов, отопление циклом холодильных машин, безоконное строительство, рациональная форма окон и отопительных систем, новые материалы взамен стекол, передача энергии постоянным током, изменение тепловых, световых и водных условий в почве и др.

Наряду с интересом к постановке проблем будущей техники, проявленным печатью и в многочисленных письмах, мои предположения подверглись и газетной критике.

Разумеется, мне не удалось сразу развернуть работу по всем 30 направлениям. Для использования солнечной энергии в Самарканде был организован Гелиотехнический институт, который при участии местных физиков добился заметных успехов. К сожалению, институт не сохранился. Однако сейчас работа продолжается как в Самарканде, так и в Ташкенте. Ориентировочные расчеты машин, использующих северный холод, произведены были в Теплотехническом институте проф. Власовым и дали благоприятный результат. С тех пор в Америке такие машины проверены на опыте. Подробные расчеты отопления холодильными машинами появились во французской и американской технической литературе. Появилось и безоконное строительство. Работа по легким гальваническим элементам идет в нескольких лабораториях Союза.

Задача создания прочных грунтовых дорог поставлена была Д. Л. Талмудом и мною в Автодорожном институте и дала там благоприятные результаты. Усовершенствованием твердых фотоэлементов и термоэлементов из полупроводников занимается Физико-технический институт. Уже сейчас можно построить термоэлементы с коэфициентом полезного действия в 4% вместо 2%.

По фотоэлементам работа еще не вышла из стадии принципиальных исследований. Ведется работа и по новым материалам и по переходу на постоянное высокое напряжение в передаче энергии.

Из всех упомянутых задач я считаю особенно важным применение физики в сельском хозяйстве. С началом широкой коллективизации в 1932 г. Наркомземом организован был под моим руководством Физико-агрономический институт. Здесь мне удалось поставить работу по некоторым из 30 проблем. О результатах, полученных за первые 4 года, расскажет Ф. Е. Колясев *.

Я упомяну только о разработанной Д. А. Федоровым на основе ацетилцеллюлозы пленке, с успехом заменяющей стекло в парниках и теплицах. Это — один из выходов работы по тонкослойной изоляции. Легкость, большая прозрачность в видимой и ультрафиолетовой области, поглощение инфракрасных лучей, механическая прочность дают этой пленке ряд преимуществ перед стеклом и обеспечивают более высокую температуру и влажность в парниках и теплицах и как следствие значительно более высокий урожай. Особое значение пленка получает для Севера и для таких районов, как горный Таджикистан, Кавказ и далекие от железной дороги места. Другой успешный агрономический прием — покрытие почвы битумной эмульсией. Повышение температуры почвы на 5—10°, сохранение влаги, закрепление песков и защита от размывания, защита растений от вредителей открывают большие перспективы перед этим дешевым и легко осуществляемым

---

* Содоклад т. Ф. Колясева: „Физика на службе социалистического сельского хозяйства", см. „Известия Академии наук СССР", Серия физическая № 1—2, 1936.

мероприятием. Наконец, я отмечу результаты систематически проведенного В. П. Мальчевским исследования влияния отдельных участков спектра на определенные функции растительного организма.

В совместной работе с физиками и светотехниками биологи нашли экономически выгодные пути многократного повышения урожая овощей и сокращения вегетационного периода. Область вызревания томатов благодаря этому приему захватывает и наш Север.

Рассматривая сейчас свои заметки и подсчеты по всем 30 проблемам, выдвинутым мною 5 лет назад, я думаю, что все они за небольшими исключениями могут быть также успешно разрешены. С окончанием периода освоения западной техники настанет время для постановки в порядок дня этих более отдаленных и более трудных задач. Опыт покажет, насколько правильно я наметил пути их разрешения.

Научные результаты

Позвольте мне перейти теперь к характеристике всей проделанной мною и Физико-техническим институтом работы и наметить перспективы дальнейшей деятельности. Обсуждения их я жду с величайшим интересом.

Основным результатом нашей деятельности я считаю рост советской физики и ее удельного веса в мировой науке. Я думаю, не будет преувеличением сказать, что вместо одного из последних мест наша физика заняла четвертое место, а техническая физика, быть может, даже третье место. Одним Физико-техническим институтом было опубликовано более 500 научных исследований.

В схеме моего доклада перечислено свыше 40 научных проблем, привлекших серьезное внимание и оказавших заметное влияние на общее развитие физики. Среди них имеются и такие, где ФТИ оказался на протяжении многих лет ведущим. Таковы, например, проблемы механических свойств кристаллов, электрических свойств диэлектриков и отчасти полупроводников, сегнето-электричества и аморфных тел, спектров γ-лучей, электронов и позитронов. Из ФТИ вышли такие новые направления, как цепная теория Н. Н. Семенова и линейная адсорбция Д. Л. Талмуда.

Были за это время и ошибки, как, например, лавинная теория пробоя и тонкослойная изоляция. Некоторые новые факты не сразу получили правильное объяснение, например рентгенографический предел текучести, механизм повышения прочности соли в воде, скачкообразная деформация. Но я не преувеличу значения работ ФТИ, если скажу, что выход в первое же десятилетие советской физики на одно из передовых мест обязан в основном работам ФТИ. Эта оценка нашла отражение и в том, что я являюсь членом 5 академий.

Технические выходы

В „Схеме доклада“ приведен список тех результатов работ ФТИ, которые были использованы техникой. Важнейшие из них: струнный метод измерения напряжений, рентгенографический метод изучения отливок и структуры стали и сплавов, магнитный метод контроля роторного литья, новые изоляционные материалы, защита линий и высоковольтных трансформаторов, теория клеев, агрофизические приемы и новые методы агротехнических и биологических измерений.

Необходимо отметить, что из всей системы ФТИ, охватившей физику и ее применения, все отделы прикладной физики: электрофизический, теплотехнический, химическая физика и телемеханика, выделены были в самостоятельные институты и поэтому здесь не учтены. Из всего обширного объема физики оптика сосредоточена в Оптическом институте, низкие температуры с их техническими применениями и высокие напряжения выделены в Харьковский ФТИ, физика металлов — в Уральский, рентгенография — в Днепропетровский. Ленинградский институт, насчитывающий всего 50 сотрудников, сосредоточил свою работу на молекулярной физике и атомном ядре. Более полную картину участия ФТИ в разрешении технических задач дала бы работа всех 12 институтов, составляющих систему ФТИ, а не одного ЛФТИ.

Связь физики с техникой в настоящий момент мне представляется в следующем виде. Большинство технических дисциплин представляет собой широко развившиеся отрасли физики. Физические явления, составляющие процесс производства, в свое время были сведены в систему, лежащую в основе данной отрасли техники. В дальнейшем техника создала из отрасли самостоятельную науку, накопила обширный опыт и привела его в систему. Только немногие, наиболее молодые отрасли техники сохранили еще тесную связь с физикой и развиваются при участии физических лабораторий; таковы, например, оптическая и радиотехническая промышленность. Здесь еще расчет нового объектива и зеркала или новой системы радиоприема требует участия физиков. В преобладающем числе других производств инженер гораздо лучше знает свои машины и их расчет, чем физик.

Но, поскольку техника имеет дело с физическими явлениями, углубленное их изучение непрерывно совершенствует процесс производства. Иногда физические открытия позволяют радикально изменить ход производства, тогда физика создает революцию в производстве. Такова замена искры и дуги в качестве генераторов радиоволн электронными лампами, таковы метод флотации, твердые выпрямители и фотоэлементы. Не только эти моменты технической революции, но и вообще темпы технического прогресса определяются уровнем физических знаний. Техника в свою очередь дает физике технические средства и непрерывно обогащает ее содержание, ставя перед ней новые задачи и давая опыт в недоступном для лаборатории масштабе. Наконец, физика и техника

приходят в близкий контакт на контроле производства, на методах измерений и наблюдений.

Эти элементы связи физики с техникой требуют определенных организационных форм и высокого уровня советской физики. Но совсем неправильно было бы ожидать, чтобы физики подменяли инженеров и ставили технические задачи или рассчитывали и конструировали машины. Это — прямая задача отраслевых институтов, которые должны быть тесно связаны не только с заводами, но и с физическими центрами.

Соотношение между физикой и техникой можно лучше всего сравнить с отношением физиологии к медицине. Только в отдельных случаях новых, еще неразработанных приемов лечения в них принимают участие физиологи. Вообще же разработкой медицины занимаются врачи. Однако ясно, что успехи медицины определяются развитием физиологии. Здесь благодаря ВИЭМ установлена прямая связь физиологии и техники с медициной. Такого рода связи физики с отраслевыми институтами и заводскими лабораториями не существует. Ее может осуществить Всесоюзная Академия наук.

В вопросе об отношении физики к технике много недоразумений и прямых ошибок. Одни ожидают, что физика может руководить техникой, создавать новые производства, другие считают ее бесполезной для практики. Часто требуют чтобы физика внедряла в технику свои приемы, чуть ли не насильно, без учета инженерных и экономических факторов. И только немногие понимают, что главный долг физики — отвечать на запросы техники, когда они вытекают из состояния производства, и подготовлять новые приемы. Физик в основном — консультант техники, а не ее руководитель.

На протяжении первых двух пятилеток запросы техники к физике были весьма скромны. Поэтому и роль физики была невелика. Но все же советская физика отвечала запросам техники и готова к той более ответственной роли, которая ей предстоит в ближайшие годы.

Моя уверенность основана на высоком научном уровне советских ученых и на широком развитии технической физики, уже вдвое превосходящей объем чисто физических работ. Рост технической физики поистине поразителен и достоин великой страны Советов. Ее не было вовсе до революции. Она сейчас занимает одно из первых мест в мире.

Организация советской физики и ее связь с техникой вызывают уважение и подражание за границей. Французский министр народного просвещения дважды присылал официальных делегатов для ознакомления с постановкой физики в СССР как с примером, которому должна последовать Франция.

Главный докладчик только что закончившегося американского съезда по вопросам применения физики в промышленности пришел к пессимистическому выводу, что в капиталистических условиях Америки роль физики в основном сводится к обучению инженеров физике.

Мне лично приходилось участвовать в работе лучших заводских лабораторий Германии: Сименса и АЭГ. Я и здесь не видел ничего, существенно превышающего нашу прикладную физику. То же можно сказать и о лабораториях „General Electric", „Metro-Vickers", „Westinghouse".

Я, пожалуй, мог бы указать только на одну лабораторию, где физика существенно лучше использована, чем у нас, — это на лабораторию Филиппса в Голландии и ее работы по новым источникам света и по радиотехнике.

Я слышал упреки физикам, что они мало сделали для техники. С таким же правом можно направить этот упрек инженерам, которые не смогли сформулировать своего заказа физике. Такого заказа не было и мало было желания отходить от заграничных рецептов в сторону предложений советской науки.

Это понятно для прошлого периода. Но этого не будет уже через 2—3 года.

Что же нужно требовать от советской физики, чтобы она могла справиться с предстоящими задачами?

1. Для передовой промышленности нужно прежде всего иметь высоко развитую физику.

2. Нужно широкое развитие технической физики, способной охватить все области приложений.

3. Нужно, чтобы физические знания и методы беспрепятственно проникали на заводы через отраслевые институты и заводские лаборатории.

Пока меньше всего сделано в третьем организационном направлении, видимо, потому, что производственники еще не ощущают потребности в участии физиков.

Организация советской физики

На меня падает немалая доля ответственности за развитие советской физики, поэтому я считаю своим долгом развернуть перед вами основные этапы моей деятельности в этом направлении.

В 1918 г. Луначарский предложил мне вместе с М. И. Неменовым организовать Рентгенологический и радиологический институт, причем мне были поручены физико-технический и радиевый отделы института, выделившиеся потом в самостоятельные институты с тем же наименованием. Ядро нового института составила группа моих учеников, среди которых я отмечу Семенова, Френкеля, Капицу, Лукирского, Дорфмана, Мысовского, Шмидт, Кирпичеву. К ним присоединились Чернышев, Бурсиан, Глаголев, Вульф, Успенский и позже Кирпичев, Давиденков, Селяков, Обреимов, Рожанский, Фредерикс, Андреев, Папалекси.

Первые 5 лет посвящены были созданию научного коллектива, способного ставить и решать научные задачи. Два раза в неделю происходили заседания, где детально обсуждались все работы сотрудников: сначала общая постановка задачи, затем экспериментальные и теоретические трудности, выяснившиеся при ее прове-

дении, и, наконец, подвергались развернутой критике выводы законченного исследования. Первые годы я лично руководил всеми работами института и определял его тематику. Затем из числа моих учеников выделились самостоятельные ученые, которые ставили свои темы и начали создавать собственные научные школы. Сейчас имеются уже обширные школы третьего поколения: Вальтера, Лейпунского, Тартаковского, Синельникова, Курчатова, Кобеко, Кондратьева, Курдюмова, Алиханова, Гохберга, Шубникова, Кикоина, Якутовича и др.

Большое внимание мы уделяли отбору наиболее способных молодых сил из числа студентов физико-механического факультета, деканом которого я был весь этот период. Лучшие студенты уже на 3-м курсе вели исследовательскую работу в ФТИ, не задерживая своей учебной работы. Обязательным требованием было и остается знание иностранных языков.

Сейчас среди четвертого и пятого поколения физиков ФТИ имеются такие серьезные ученые, как Степанов, Александров, Дукельский, Алиханьян, Кувшинский, Арцимович, Бобковский, Корнфельд и др.

То, что советская физика потеряла прежнее провинциальное лицо и сразу сделалась передовым участком физического фронта, в значительной степени обусловлено моими частыми поездками за границу и близким знакомством с работой всех передовых институтов. Доклады и курсы лекций по содержанию наших научных работ я провел в Германии, Франции, Голландии, Америке, Англии, Чехословакии и Бельгии.

Значительное число сотрудников ФТИ (свыше 30) знакомилось с различными научными школами и методами работы во время своих заграничных командировок. К сожалению, эти командировки почти прекратились за последние годы, что очень затрудняет правильный рост молодых физиков.

Задачей ФТИ с самого его основания было такое построение физики в республике, которое создало бы прочную научную базу для будущей социалистической промышленности. Для того чтобы привлечь к этой задаче всю советскую физику, в январе 1919 г. нами созван был съезд физиков, который принял эти установки для всех лабораторий.

Создана была Ассоциация физиков, председателем которой я был с 1923 г. Ассоциация регулярно созывала съезды физиков, из которых съезд 1928 г. поставил на очередь создание центров физической науки в различных областях Союза, а съезд 1930 г. — задачу планирования физики. Конференции по полупроводникам, атомному ядру, рентгеновым лучам объединили соответственных работников по всему Союзу.

Таким образом физика с самого начала революции строилась и развивалась организованно.

Для новых задач физики требовались и новые кадры, с иной подготовкой. Поэтому уже в 1919 г. мною был организован физико-технический (теперь инженерно-физический) факультет, который

готовил физиков, знающих технику. Этот факультет оказал большое влияние на планы и задачи университетских физических факультетов. Новые физико-технические институты в Харькове и Свердловске также организовали физико-технические факультеты в местных втузах. Считая, что основное условие успешной научной работы — творческая инициатива и изобретательство, я пытался втянуть в работу ФТИ рабочих-изобретателей. Дважды повторенная попытка пока не дала положительных результатов, но сейчас созданы нормальные пути для вовлечения изобретателей в научную работу.

Вместо концентрации всей физической работы в одном Ленинграде я считал долгом советской физики организацию научных центров в важнейших республиках и областях Союза. Эта мысль получила одобрение и мощную поддержку правительства. Наркомпрос создал сибирский ФТИ в Томске. Благодаря личному участию т. Чубаря создан был первоклассный украинский ФТИ в Харькове. По решению т. Орджоникидзе организован уральский ФТИ в Свердловске. Вырос ФТИ в Днепропетровске. Все это не филиалы, а специализированные физические институты, связанные с местной промышленностью и в области своей специальности являющиеся всесоюзными центрами. Таковы область низких температур в Харькове, физика металлов в Свердловске, фазовые превращения в Днепропетровске.

ФТИ 1918 г. вырос за прошедшие 18 лет в систему 14 институтов и 3 втузов, охватывающих до 1000 научных работников, из которых около 100 можно отнести к числу крупных самостоятельных ученых, среди которых имеется свыше 30 докторов физических наук.

Важным шагом в выполнении поставленной ФТИ задачи я считаю создание системы заводских лабораторий. При деятельном содействии М. А. Шателена и М. В. Кирпичева мы обследовали все заводы Ленинграда и составили план организации 111 заводских лабораторий. Этот план был одобрен и проведен в жизнь ВСНХ и затем был распространен на другие области Союза.

Благодаря тому, что советская физика заняла видное место в мировой науке, стало возможным создание советского журнала на иностранных языках, издаваемого украинским ФТИ в Харькове. Журнал уже учитывается среди первого десятка мировых физических журналов.

Развитие технической физики, главным центром которой был ФТИ, привело к созданию особого журнала технической физики, сначала на русском языке, а потом и на иностранных языках. Этот журнал превосходит по своему объему физический журнал, а иностранный нашел широкий отклик за границей. В трех из них я являюсь ответственным редактором, в четвертом — председателем редакционного совета. За последние годы весьма ценное дополнение к этой системе составляли „Доклады Академии наук СССР“.

С 1933 г. начала по инициативе ФТИ печататься серия монографий, охватившая свыше 50 книг по наиболее актуальным вопросам физики.

Задачи и перспективы

Мне уже приходилось отметить, что в ближайшие годы советская физика вступает в особенно ответственный период. Она должна будет дать ответ по самым разнообразным вопросам построения новой техники. Для того чтобы быть готовой к этой задаче, она должна целиком использовать те исключительно благоприятные условия, которые созданы для науки в нашей стране. Для обеспечения помощи физики производству в первую очередь необходимо:

1. Дополнить план научной работы организацией исследований по всем направлениям, которые нужны промышленности, транспорту, связи, сельскому хозяйству. Сейчас советская, да и мировая, физика охватывает физические процессы далеко не всех производств.

2. Усилить физические группы в отраслевых институтах, укрепить их связь и связь заводских лабораторий с физическими институтами. Чаще созывать узкие конференции по определенным вопросам, охватывающие физиков, химиков и инженеров-исследователей.

Для улучшения и углубления научной работы нужно:

1. Лучше организовать время ученого с тем, чтобы он мог сконцентрировать все свое внимание и волю на решении научной задачи. Это требование вполне совместимо с участием ученого в педагогическом процессе, но предполагает резкое уменьшение числа заседаний и концентрацию работы в одном месте. В первую очередь это относится к работе академиков.

2. Желательно значительно увеличить число заграничных командировок и приглашений иностранных ученых.

3. Необходимо организовать производство физических приборов и обеспечить институты, работающие в области атомного ядра, соответственным количеством радия.

4. Организовать систематическую научную критику печатных работ советской физики как в библиографических журналах, так и в устной дискуссии.

5. Как в преподавании, так и в научной работе усилить связь теории и эксперимента, обеспечить правильную марксистскую методологию и знание истории физики.

6. Улучшить подготовку физиков, развивая в них инициативу, научную критику и знакомство с литературой. Организовать систематический отбор и проверку научных работников, увеличив их число.

7. Физический институт Академии наук должен привлечь к себе крупнейших советских ученых и сосредоточить свою работу на узловых проблемах современной физики.

8. Физическая группа Академии наук, охватывающая всю ведущую советскую физику, должна обеспечить проведение указанных мероприятий. С помощью других групп Академии и в особенности при участии технического отделения Академии должны быть широко развиты все отделы технической физики, биофизики,

агрофизики, геофизики, химической физики, астрофизики, применения физики в геологии.

По отношению к ФТИ мне представляется необходимым развивать в нем то направление работы, которое определило его рост за последние годы, обеспечив более определенное влияние запросов техники. Мы концентрируем свою работу на проблеме атомного ядра и физике миллионов вольт, на уяснении молекулярных сил, на вопросах прочности и пластичности, на электрических зарядах в твердых, жидких и газообразных телах, на новых технических материалах и на подготовке энергетических и агротехнических задач. Академия наук включит нашу работу в общий научный план социалистического строительства. По отношению к себе лично я считаю на данном этапе своим долгом прежде всего вести лабораторную работу и педагогическую работу с молодыми физиками. Наряду с этим своей работой в Академии наук я всеми силами буду содействовать решению физических проблем социалистической техники.

Схема построения советской физики на третье десятилетие социальной революции

1. Все основные заводы, крупные совхозы, центры транспорта и связи должны иметь лаборатории, осуществляющие контроль производства, проверку всех изобретательских и рационализаторских предложений рабочих и инженерно-технического персонала и приспособление их к условиям данного завода. Каждая такая лаборатория должна иметь в своем составе инженеров-физиков или должна быть непосредственно связана с ближайшим физическим центром. Вытекающие из ее деятельности или из работы завода более сложные вопросы заводская лаборатория передает в отраслевые или физические институты.

2. Отраслевые институты всех отраслей народного хозяйства должны иметь физическое ядро из передовых физиков, хорошо знакомых с данным производством. Здесь формируются кадры технической физики и новые области физики.

3. Во всех крупных промышленных центрах и в национальных республиках должны быть созданы физические институты, связанные как с отраслевыми институтами, так и с вузами.

При отсутствии широко развитой промышленности эта связь может доходить до образования института внутри вуза. В наиболее крупных центрах нужны самостоятельные институты, работники которых читают специальные курсы в вузе, а лаборатории которых служат базой для создания физических кадров.

4. Центральным органом советской физики является Физическая группа Академии наук, включающая представителей крупнейших физических институтов Союза.

Физическая группа Академии наук: 1) выносит на обсуждение важнейшие научные результаты, полученные в СССР и за границей; 2) организует работу по узловым проблемам физики; 3) обес-

печивает развитие физических исследований, необходимых или могущих в дальнейшем получить значение для народного хозяйства Союза, и организует консультацию по всем вопросам физики; 4) следит за состоянием физической работы и преподаванием физики в вузах, физических и отраслевых институтах, заслушивая доклады, посылая инструкторов и лекторов на места и организуя командировки местных работников в соответственные центральные институты и за границу; 5) организовывает систематические конференции по узким вопросам в тех местах, где ведется работа по этим вопросам или где имеется к ним серьезный интерес; 6) обязана следить и содействовать всеми силами советской физики подъему физических знаний в широких кругах рабочих и колхозников, в особенности среди стахановцев и изобретателей, широко привлекая в помощь научное и учебное кино, физические демонстрации, музеи.

5. Академия наук СССР, строящая социалистическую науку, организует свою работу так, чтобы обеспечить реальную взаимную связь всех своих групп, в том числе и Физической. Академия наук ставит перед советской физикой задачи, вытекающие из развития техники, из потребностей народного хозяйства, повышенных требований быта и запросов соседних научных дисциплин, особенно содействуя развитию пограничных областей знания: всех видов технической физики, биофизики, геофизики, агрофизики и т. д.

ДОПОЛНЕНИЕ

Важнейшие научные результаты

Из исследований Физико-технического института, которые оказали наибольшее влияние на развитие физики, можно назвать:

I. Механические явления. 1. Сдвиги и периодические срывы при пластической деформации. 2. Рентгеновский и оптический ее анализ. 3. Разделение хрупкого и пластического разрывов и их теория. 4. Влияние состояния поверхности на прочность и статистическая теория прочности. 5. Изучение фазовых превращений в металлах. 6. Исследование удара.

II. Электрические явления. 1. Электропроводность диэлектриков. 2. Изучение объемных зарядов в них. 3. Тепловой пробой и пробой жидкостей. 4. Незаконченный пробой и краевой эффект. 5. Омические и дипольные потери в диэлектриках. 6. Связь электрических свойств с температурой затвердевания. 7. Сегнето-электричество. 8. Электропроводность полупроводников. 9. Фотопроводимость, фотоэлектродвижущие силы и фотомагнитный эффект. 10. Искусственные запирающие слои. 11. Гальваномагнитные явления в жидких металлах и связь их с сверхпроводимостью.

III. Электронные явления. 1. Распределение скоростей фотоэлектронов. 2. Влияние мономолекулярных слоев на фотоэффект. 3. Влияние температуры на электронную диффракцию. 4. Определение картины внутренних потенциалов. 5. Полное внутреннее отражение рентгеновых лучей от тонких слоев. 6. Спектр элементарного тормозного излучения рентгеновых лучей. 7. Спектры рентгеновых лучей при потенциалах в несколько сот тысяч вольт.

IV. Атомное ядро. 1. Спектры γ-лучей. 2. Наблюдения космических лучей в камере Вильсона. 3. Проверка релятивистской теории эффекта Комптона. 4. Испускание позитронов радиоактивными телами. 5. Спектры позитронов и электронов. 6. Изучение ряда ядерных реакций. 7. Новые изотопы. 8. Свойства медленных нейтронов.

V. Молекулярные явления. 1. Критическая температура адсорбции. 2. Потенциалы возбуждения молекул. 3. Линейная адсорбция. 4. Прочность поверхностных слоев. 5. Реакции с разветвленными цепями. 6. Теория цепных реакций. 7. Свойства жидких кристаллов в электрических и магнитных полях. 8. Механические колебания жидких кристаллов.

VI. Теоретическая физика. 1. Теория адсорбции, 2. Теория кристаллов. 3. Диамагнетизм металлов. 4. Теория полупроводников. 5. Теория жидкостей. 6. Вторичное квантование. 7. Два метода Фока. 8. Квантование гравитационного поля.

VII. Монографии, напечатанные за границей. 1. Физика кристаллов Иоффе. 2. Полупроводники Иоффе. 3. Цепные реакции Семенова. 4. Волновая механика Френкеля. 5. Электродинамика Френкеля. 6. Электрический пробой Семенова и Вальтера. 7. Сегнето-электричество Курчатова. 8. Аморфные тела Кобеко.

Технические выходы работ Физико-технического института

С самого начала Физико-технический институт ставил своей главной задачей подготовку физической основы будущей социалистической техники. Еще задолго до начала первой пятилетки организована была лаборатория технической физики, в которой методы современной физики начали применяться к большим техническим проблемам (метод подобия и физическое исследование теплопередачи в теплотехнике, струнный и радиометрический метод в строительной технике, теория пробоя в изоляции, ионизация газов для защиты низковольтных линий от высоковольтных сетей, рентгенографический метод для контроля производства). Организована была целая сеть заводских лабораторий. Таким образом к началу первой пятилетки для реконструкции промышленности имелась достаточно прочная научная база.

В течение первой пятилетки положено было начало новым направлениям, непосредственно связанным с задачами техники (химическая физика для химической и пищевой промышленности, акустика), а в течение второй пятилетки — физика металлов (сплавы и стали), аморфные тела (пластмассы, изоляция, клей), полупроводники (выпрямители и фотоэлементы), низкие температуры (коксобензольная промышленность), телемеханика и автоматика, магнитные методы контроля и литья металлов и, наконец, агрофизика.

Можно перечислить ряд вошедших в советскую технику результатов работы Физико-технического и Физико-агрономического институтов.

В области электротехники

1. Защита сетей низкого напряжения от высоковольтных линий (разработано под руководством акад. Чернышева).

Передано Главэспрому и осуществляется заводом „Светлана".

Оборудованы все сети Ленэнерго, Мосэнерго, Донэнерго, Уралэнерго, Кавказа и др.

2. Новые изоляционные материалы и краевой пробой (под руководством А. Ф. Иоффе). Полистирол применяется Главэспромом для высокочастотной изоляции, ацетилцеллюлоза — для изоляции машин на „Электросиле".

3. Радиоразведка (под руководством А. А. Чернышева).

Все приборы для электроразведки (за исключением метода Шлюмберже) изготовлены и сконструированы в Физико-техническом институте и Ленинградском электрофизическом институте.

4. Электрические пылеулавливатели. Конструкции и кадры специалистов переданы тресту „Газоочистка".

5. Первая система передачи изображений была предложена акад. Чернышевым за $1^1/_2$ года до Каролуса. Многие детали ее сейчас применяются Главэспромом.

В области теплотехники

1. Метод моделирования тепловых устройств.
2. Физические методы изучения рабочих процессов.
3. Анализ теплопередачи отдельных участков.

В области механических свойств

1. Струнный метод (разработан Н. Н. Давиденковым). Нашел широкое применение: а) Днепрострой — около 200 приборов заложено в плотину; б) Дзорагесстрой — измерялись: давление земли, напряжение в бетоне, упругий отпор, напряжение в раме, поддерживающей турбогенератор; в) Гизельдонстрой; г) Баксанстрой; д) Ульбастрой; е) Дальжелдорстрой; ж) Метрострой — измерение давления породы на крепления, напряжения в сводах и в бетонной обделке за щитом; з) плотина на реке Кальмиус; и) канализационные работы в Ленинграде (свыше 30 динамометров); к) Свирьстрой — давление земли на стенки шлюза; л) Нивастрой; м) канал Москва — Волга. Измеряются давления сооружений на основания и напряжения в самих сооружениях; н) Средняя Волга — опытный кессон; о) Гипрошахт — давления на крепи в угольных шахтах Подмосковного района и Донбасса; п) многочисленные сооружения в Ленинграде (деревянные фермы, бетонные своды, напорные трубы, сетки для камней, колонки заводских зданий и т. п.); р) многочисленные исследования ряда исследовательских институтов (НАТИ, ЛИИКС, НИИТ и др.).

2. Определение внутренних напряжений. Метод Физико-технического института применяется Институтом металлов, Институтом метрологии, Ижевским заводом. Типографские линейки, латунные гильзы.

3. Просвечивание и рентгенографический контроль производства. Завод „Большевик", Пермский завод, Мариупольский завод, Ижевский завод, Златоустовский завод и ряд других.

Применение рентгеновых лучей для термической обработки, в особенности малоуглеродистых сталей, и для контроля.

4. Магнитное роторное литье. По сообщению газеты „Техника", применяется на заводе им. Лепсе. Изучается Центральным институтом металлов.

5. Магнитный контроль трансформаторного железа. Применяется по методу Уральского физико-технического института Верхнеисетским заводом.

Производственные применения физики, вышедшие из Физико-технического и Физико-агрономического институтов

1. Микрофлотационный метод сахарного производства Д. Л. Талмуда. Применяется при производстве 10 000 *ц* в сутки Гайсинским сахарным заводом Киевской области.

2. Создание искусственных почвенных структур, начатое по инициативе Д. Л. Талмуда.

Помимо опытных полей Физико-агрономического института, опыты хозяйственного применения поставлены в Каунчах (хлопковая зона) на сероземах, в Вырице — на тяжелых глинах, в Торжке (льняная зона) — на подзолах.

3. Упрочнение грунтовых дорог, как развитие предыдущей задачи. Проблема поставлена в Автодорожном институте и дала благоприятные результаты на опытных участках в Туркмении, Горьковском крае и под Ленинградом.

4. Битумная эмульсия для изменения теплового и водного режима почвы и закрепления песков.

После 2-летнего опыта на песчано-пустынных станциях в Челкаре и Репетеке, в 1936 г. ставятся опыты в широком масштабе на площади до 200 *га* в различных районах Туркменистана.

Кроме того, опыты с битумной пленкой ставятся в Батуме, Сухуме, Крыму, Херсоне, Кировске и Игарке для борьбы с эрозией и для изменения теплового режима.

5. Прозрачная пленка для защищенного грунта. Опыты по применению пленки в парниках и теплицах проводятся в обширном масштабе Институтом овощных культур и Институтом субтропиков.

6. Стимуляция искусственным светом семян и рассады переходит в 1936 г. уже в полупромышленный масштаб в Институте овощного хозяйства. Кроме того, опыты по применению метода ставятся в Никитском ботаническом саду и в Хибинах.

7. Выращивание древесных пород на искусственном свету будет проводиться в 1936 г. не только в Физико-техническом институте, но и в Институте агролесомелиорации.

Новая методика в агрономии и биологии

1. Определение влажности почвы.
2. Измерение лучеиспускания.
3. Радиационный термометр.
4. Ультрафиолетовые фотометры.
5. Нефелометр.
6. Генератор ионов.
7. Пиранометр.
8. Специальные источники света и фильтры для растений.

Разработанные Физико-техническим институтом приборы изготовляются для целого ряда институтов ВАСХНИЛ. Некоторые из них, как, например, фотоэлементы, изготовлены в количестве свыше сотни экземпляров, другие (нефелометр) — свыше десятка, третьи (определение влажности почвы, измерение лучеиспускания, пиранометры, ультрафиолетовые фотометры) передаются по мере изготовления другим институтам.