

53 (092)

АБРАМ ФЕДОРОВИЧ ИОФФЕ

(Биографический очерк)

В. Я. Френкель

1. Абрам Федорович Иоффе прожил почти 80 лет; эти годы вместили в себя величайшие социальные и научные перевороты, в корне изменившие облик и строй его родины и преобразовавшие физику, занятия которой было основным делом его жизни. Еще юношей, в начале 1896 г. он мог узнать из сенсационных газетных статей и восторженных публикаций в научно-популярных журналах об открытии Рентгеном невидимых лучей (думалось ли ему, что спустя несколько лет он будет работать в качестве ассистента прославленного Рентгена в его Мюнхенском институте?). А годом позже — прочесть о необыкновенном явлении радиоактивности. Уже студентом Технологического института в Петербурге и практикантом (позднее — ассистентом) Мюнхенского университета он по свежим номерам физических журналов знакомился с работами Планка и Эйнштейна по квантовой теории излучения и теории относительности.

Вместе со своими товарищами по Технологическому институту А. Ф. Иоффе участвовал в студенческих беспорядках, отражавших резкое недовольство передовой молодежи реакционной внутренней и внешней политикой царского правительства, зрелым ученым с энтузиазмом встретил революцию и навсегда связал свою жизнь с советской властью. Научная и научно-организационная деятельность А. Ф. Иоффе снискали ему широкую известность в нашей стране, он был удостоен высоких наград, отражавших признание его заслуг перед отечественной наукой и советским государством, избран во многие академии мира. Академия наук СССР учредила премию его имени, а в 1974—1977 гг. издала три тома его работ.

Абрам Федорович мог по праву гордиться тем, что в Советском Союзе при его самом непосредственном участии были организованы крупнейшие физические институты, возникла возглавленная им научная школа, что виднейшие советские физики, его прямые ученики и ближайшие сотрудники, своими исследованиями обеспечили нашей родине ведущее место в целом ряде областей науки и техники. Именно по его инициативе и в стенах любимого его детища — Физико-технического института, ныне носящего имя А. Ф. Иоффе, сформировались и начали быстро набирать силу физика полупроводников, ядерная физика и физика полимеров, т. е. как раз те области знаний, успехах которых определяется прогресс жизненно важных отраслей науки, техники и промышленности.

В течение сорока с лишним лет Абрам Федорович занимал ключевые позиции в советской физике. Этим объясняется естественный и живой интерес к его деятельности со стороны коллег по науке и ее историков, журналистов и писателей. Должное место уделено А. Ф. Иоффе в целой

серии изданий, посвященных обзору достижений советской физики и опубликованных в последние десять лет в связи со славными юбилейными датами — 50-летием и 60-летием Октябрьской революции и образования СССР, 250-летием Академии наук. Широко отмечавшиеся советской научной общественностью юбилеи Абрама Федоровича Иоффе (1940, 1950 гг.), юбилеи созданных им или при его ближайшем участии институтов — определили исключительно большую литературу о нем. К этому надо добавить, что и сам А. Ф. Иоффе неоднократно выступал на страницах печати с небольшими заметками и пространными статьями автобиографического характера, а в последние годы жизни не раз обращался к научно-мемуарному жанру. 8 сентября 1960 г., примерно за месяц до кончины Абрама Федоровича, была подписана к печати его последняя — из длинного ряда! — книга «Встречи с физиками». Он успел выправить ее корректуры, но не дождался выхода своих воспоминаний в свет.

Напомним, что и после октября 1960 г. в нашей печати было опубликовано немало научно-биографических и популярных материалов об ученом (включая сюда книгу о нем, сборник воспоминаний, отдельную брошюру и многочисленные статьи и очерки). При таких условиях, казалось бы, написание еще одной биографической работы об Абраме Федоровиче существенно упрощается. С другой стороны, естественно желание не пересказывать уже достаточно хорошо освещенные в литературе этапы его биографии, а представить менее известные материалы, частично публиковавшиеся в сравнительно отдаленные годы.

В рамках настоящей статьи мы очень конспективно наметим хронологическую линию биографии А. Ф. Иоффе, а основное внимание уделим первому периоду его научных исследований, а также работам по физике твердого тела (механическим свойствам кристаллов) и физике полупроводников в 20-х — 50-х гг.

Особую роль для развития советской физики сыграла многообразная научно-организационная деятельность Абрама Федоровича, о которой будет рассказано на стр. 36—41.

2. Абрам Федорович Иоффе родился 29 (17) октября 1880 г. в Ромнах — небольшом городке Полтавской губернии — и был старшим сыном Федора Васильевича и Рашели Абрамовны Иоффе. Его отец был купцом 2-й гильдии, а позднее — служащим на частном предприятии; мать вела гостеприимный дом Иоффе и воспитывала детей: у Абрама Федоровича, самого старшего из них, было три сестры и брат. Сохранилось несколько писем Р. А. Иоффе к сыну, относящихся к годам студенчества Абрама Федоровича — трогательные свидетельства любви всегда беспокоившейся за своего первенца матери.

В Роменском реальном училище — двухэтажном каменном здании (мужской гимназии в городе не было) Абрам Федорович начал заниматься с 1888 г. Среди 32 учеников его класса был и С. П. Тимошенко, сидевший на соседней парте с Иоффе. Редкий случай, когда из учеников одного и того же класса провинциальной школы вышло два крупных ученых*). По воспоминаниям Тимошенко Иоффе — мальчик «хорошо учился и обыкновенно не принимал участия в шумных играх своих одноклассников»¹. Отрывочные рассказы Абрама Федоровича этой картине не очень

*) Степан Прокофьевич Тимошенко — крупный ученый, специалист в области теоретической механики, теории упругости, теории колебаний. Его книги пользуются широкой известностью во всем мире и многократно издавались и переиздавались в СССР. С. П. Тимошенко, с конца 10-х гг. живший за границей, — иностранный действительный член АН СССР. Дважды после войны бывал в Советском Союзе, встречался с А. Ф. Иоффе.

соответствуют. Тимошенко упоминает, что в 6-м (последнем) классе училища Иоффе заболел и из-за этой болезни отстал на целый год. Причина состояла в том, что молодой реалист весной 1895 г. на спор четыре раза переплыл холодную в то время года речку Сухой Ромен — поступок, говорящий «против» характеристики Тимошенко! Абрам Федорович рассказывал в первые послевоенные годы Я. И. Френкелю, что после более чем месячной болезни внимательно осмотревший его врач высказал



подозрение, что у молодого человека начинается туберкулезный процесс в легких. На вопрос о том, как Абрам Федорович отнесся к этому известию, он ответил, улыбнувшись: «Отправился на речку и выкупался!»

К учителям Абрам Федорович относился более чем скептически, делая исключение для физика Милеева и математика Ижицкого. «Все преподавание в наше время было формальным: нужно было знать, а не понимать. И все же того вреда, которого можно было ожидать, школа не принесла, ей не удавалось отучить учеников думать»², с. 230. Одним из стимулов к более глубокому, не формальному овладению знаниями было, наряду с естественной любознательностью, желание действовать «в пику» чиновникам-учителям, читать именно не рекомендуемые ими книги и т. п.

И в самом деле, это желание было настолько сильным, что многие из учеников Роменского реального училища успешно его заканчивали и поступали в столичные высшие учебные заведения — в Петербурге образовалось даже землячество роменских студентов, которое одно время возглавлял Абрам Федорович, уже став студентом Технологического института.

А. Ф. Иоффе вспоминал, что еще в школьные годы его внимание на долгое время привлекли, среди прочих, два вопроса: природа светонесного эфира и механизм восприятия запахов. Газы, жидкости и твердые тела являлись теми объектами, в которых возбуждались и распространялись

звуковые колебания, но этой способностью материальных сред отнюдь не исчерпывалось богатство и многообразие их свойств. Именно поэтому молодому Иоффе было трудно примириться с мыслью о том, что все просторы Вселенной заполнены некоей субстанцией, существующей якобы лишь для того, чтобы передавать световые колебания, и больше никак не проявляющейся. Роль, отводимая эфиру, сводилась к тому, чтобы, по словам Иоффе, «прозябать в бездействии» до тех пор, пока в данную точку не придет электромагнитный сигнал, который будет передан дальше. Учитель физики Роменского реального училища не мог дать удовлетворительный ответ на волновавшие Иоффе вопросы. Мы не имеем прямых свидетельств того, как Абрам Федорович принял и как быстро усвоил идеи теории относительности, перечеркнувшей представление об эфире, но можем предполагать, что его собственные размышления об этой субстанции и распространении света подготовили почву для скорейшего усвоения основных положений революционной теории Эйнштейна.

Другой вопрос, волновавший юношеское воображение Иоффе, был связан с природой запахов. Иоффе полагал, что способность к восприятию широкого спектра запахов связана с взаимодействием центров обоняния с инфракрасным излучением, источником которого, по его мнению, являлись молекулы ароматических веществ. Эта точка зрения подтверждалась опытами Тиндаля, о которых Абрам Федорович прочел в книге популярных лекций английского физика о природе тепла и холода, выдержавшей в России в дореволюционные годы несколько изданий *). Тиндаль писал в ней о том, что с присутствием в воздухе веществ, выделяемых различными травами, с характерным для них душистым ароматом, связано поглощение света в его инфракрасной области. Отсюда естественно было предположить, что обонятельные нервы чувствительны к этой области спектра электромагнитного излучения, подобно тому, как сетчатка глаза — к его видимой части. Иоффе, памятуя, что пластинки каменной соли прозрачны для инфракрасных лучей (факт, который неоднократно использовал Тиндаль в своих демонстрационных опытах), поставил такой простой опыт. В жестяную банку из-под какао он помещал различные душистые вещества. В крышке жестянки было проделано отверстие, которое закрывалось тонкой пластинкой каменной соли. Она, однако, составляла непреодолимое препятствие для «ароматного агента» — объяснение Иоффе пришлось отбросить!

Стоит, однако, заметить здесь, что идеи Абрама Федоровича оказываются в какой-то мере родственными тем, которые около 20 лет назад развил Г. Дайсон. Согласно вибрационной теории запахов, предложенной этим ученым, соответствующее ощущение возникает при поглощении молекулярных колебаний ароматических веществ, причем колебания эти возникают при столкновении молекул этих веществ с молекулами воздуха (в носовой полости). Р. Х. Райт, видный специалист по физике запахов, открывает свою книгу, посвященную этой теме, следующей темпераментной фразой: «Мне хотелось бы рассказать о захватывающе интересной и важной, не раскрытой до сих пор тайне запаха — не только потому, что она надолго задержала мое внимание, но и потому, что это одна из тех областей научного исследования, которыми более всего пренебрегали»³, с. 13. Как видим, интерес молодого А. Ф. Иоффе к этой области не был наивным, как не были наивными и его соображения.

*) Другой книгой, которую в связи с этими вопросами тщательно изучал А. Ф. Иоффе, было руководство по получению ароматических соединений из растений — с последующим использованием их для производства косметических изделий, написанное английским парфюмером Георгом Вильямом Пьессом. Это руководство, изданное в Лондоне, было потом переведено на французский язык.

В стенах Технологического института заинтересованность Иоффе вопросами биофизики привела к тому, что он с увлечением начал проводить исследования по воздействию ультрафиолетового излучения на тифозные бактерии. Другая задача, привлекавшая внимание Абрама Федоровича, сводилась к изучению влияния, которое оказывают малые дозы некоторых ядов, например, стрихнина, на дрожжевые бактерии (последняя работа была поставлена Иоффе в связи с прослушанным им курсом микробиологии, который читался студентам Технологического института и имел прямое отношение к технологии пивоварения). Начатые Абрамом Федоровичем работы были прерваны студенческой забастовкой, по окончании которой возобновить их уже не было возможностей: разведенные им культуры бактерий погибли. Но вкус к биофизическим исследованиям и интерес к ним сохранились у Иоффе навсегда. Размышления о природе запахов, судя по позднейшим воспоминаниям Иоффе, по его переписке с Эренфестом, стали символом чисто научных исследований, не отягощенных организационными делами, легшими впоследствии на плечи Абрама Федоровича добровольно принятым, но достаточно тяжелым грузом. Да и в своей непосредственной практике, в работах Физико-технического института, А. Ф. Иоффе в определенной мере сохранил верность давним интересам: здесь в начале 30-х гг. Г. М. Франком (впоследствии — академиком, директором Института биофизики АН СССР) проводились биофизические исследования. Не будет преувеличением утверждение о том, что организационная деятельность Иоффе, приведшая примерно в то же время к возникновению агрофизики как самостоятельного раздела науки, — что эта деятельность имела своими истоками не только насущные задачи сельского хозяйства, но и все то же давнишнее его стремление использовать физику, с арсеналом ее идей и методов, для понимания процессов, развивающихся в органическом мире, для прогресса биологии.

3. Технологический институт А. Ф. Иоффе закончил со званием инженера-технолога. Но непосредственно инженерная деятельность его к себе не влекла, хотя он во время летней студенческой практики 1899 и 1900 гг. и занимался ею весьма интенсивно — на сборке железнодорожного моста на линии Полтава — Ростов (т. е. недалеко от места своего рождения) и постройке мастерских на Ижорском заводе в Петербурге. Тяжелое впечатление на А. Ф. Иоффе произвело прямое знакомство с царившими в те годы на заводах порядками, отношением к рабочим, которое молодой человек, в меру сил и тщетно, пытался улучшить. Когда в 1901 г. встал вопрос о летней практике по сборке и установке мостов, на этот раз на Сибирской железной дороге, молодой Иоффе согласился взять на себя руководство этими работами лишь при условии, что администрация не будет вмешиваться в его отношения с рабочими и в организацию работ в целом. Это его предложение было отклонено. Вспоминая о своем душевном состоянии к моменту окончания Технологического института (июнь 1902 г.), Иоффе писал: «Столкновение с принципами рабочей политики русских заводов и явная безнадежность преодолеть их, оставаясь на службе заводским инженером, окончательно определили мое решение отказаться от инженерной деятельности. Заниматься наукой в высшей школе было невозможно ... Единственное, что оставалось — учиться эксперименту и именно в той области, где он стоит выше всего, — в физике ... По отзывам петербургских физиков, лучшим физиком-экспериментатором был Рентген, профессор Мюнхенского университета. К нему я и поехал. У меня хватило средств на полгода скромной жизни»², с. 234.

К Рентгену Иоффе ехал, заручившись поддержкой петербургских профессоров Н. А. Гезехуса и Н. Г. Егорова и своеобразными их реко-

мендательными письмами: оттисками работ с дарственными надписями знаменитому немецкому физику. Что касается экономической поддержки, то ее Абрам Федорович получил от своей тетушки (по материнской линии), Софьи Абрамовны Шефтель. С. А. Шефтель, необыкновенно интеллигентная, умная и добрая женщина, сыграла очень большую роль в жизни А. Ф. Иоффе, и он это не раз подчеркивал. Стоит заметить, что в 1920 г. она издала во Франции книгу о положении женщин в США, культуре и образовании в этой стране. Известный французский писатель Пьер Милль высоко оценил достоинства этой книги в предисловии к ней *).

У Рентгена Иоффе проработал четыре года — сначала в качестве практиканта, живя на собственные средства, а потом — ассистентом. В 1906 г. Рентген предложил Абраму Федоровичу остаться в Мюнхене для совместной работы. Это лестное предложение Иоффе отклонил и в августе 1906 г. вернулся в Россию. Но добрые отношения с Рентгеном не нарушились, и он продолжал ежегодно, летом, несколько недель работать в Физическом институте Мюнхенского университета.

4. В Петербурге А. Ф. Иоффе начал работать в Политехническом институте, находившемся в подчинении более прогрессивного (в сравнении с Министерством просвещения) Министерством финансов. К этому времени в институте собрался сильный коллектив преподавателей; с некоторыми из них у А. Ф. Иоффе установились деловые и дружеские отношения. Первые годы Иоффе был лаборантом института, затем — после защиты магистерской диссертации (1913 г.) — экстраординарным профессором, а с 1915 г. (после защиты докторской диссертации, посвященной изучению механических и электрических свойств кварца) — ординарным профессором на кафедре общей физики, которую возглавлял профессор Владимир Владимирович Скобельцын.

О научных результатах, полученных Иоффе в этот период его жизни, рассказано на стр. 19—25. Отметим три важных события в жизни Абрама Федоровича, происшедшие в годы, предшествовавшие революции.

Первое относится к его личной жизни: в 1908 г. он женился на Вере Андреевне Кравцовой, позднее ставшей работать в библиотеке Физико-технического института (их дочь, Валентина Абрамовна Иоффе, ныне доктор физико-математических наук, в течение ряда лет заведовала лабораторией Института химии силикатов АН СССР, старшим научным сотрудником которого она сейчас является). Другим важным событием, в существенной степени также личного характера, было знакомство в 1907 г. с П. С. Эренфестом, венским физиком, учеником Больцмана. Женившись на Татьяне Алексеевне Афанасьевой — русском математике, Эренфест вместе с нею осенью 1907 г. переехал в Петербург, где практически сразу же познакомился с А. Ф. Иоффе, а познакомившись, крепко и на всю жизнь с ним подружился. По рассказам, Эренфест был самым близким другом Иоффе. Оба физика, люди одного возраста, оказывали друг на друга сильное и благотворное влияние; ярким свидетельством их отношений может служить опубликованная переписка между ними ⁴ и мемориальные статьи Абрама Федоровича о рано умершем (в 1933 г.) друге (², с. 219; ⁵, с. 86).

Иоффе стал одним из самых активных участников эренфестовского семинара, регулярно собиравшегося в Петербурге в 1907—1912 гг., семинара, сыгравшего большую роль в развитии физики предреволюционного десятилетия.

*) Экземпляр книги с дарственной надписью Абраму Федоровичу сохранился в его библиотеке. С. А. Шефтель была доктором социальных наук Брюссельского университета и профессором университета в Портсмуте (США).

Наконец, третьим событием была организация весной 1916 г. — на этот раз уже под руководством А. Ф. Иоффе — семинара по новой физике при Политехническом институте. Участниками семинара были молодые физики из Политехнического института и университета, вскоре ставшие ближайшими соратниками Иоффе в деле организации Физико-технического института и, шире советской физики в целом. Наиболее активную группу «семинаристов» составляли, помимо самого Абрама Федоровича, Я. Г. Дорфман, П. Л. Капица, П. И. Лукирский, Н. Н. Семенов и Я. И. Френкель, имена которых ныне широко известны в нашей стране и за ее пределами. Эти люди, а также Н. И. Добронравов, М. В. Миловидова-Кирпичева, К. Ф. Нестурх, Я. Р. Шмидт-Чернышева, стали первыми сотрудниками Физико-технического отдела Государственного рентгенологического и радиологического института.

5. Длительное сотрудничество и личные контакты с В. Рентгеном оказали чрезвычайно сильное влияние на работы Абрама Федоровича, проводившиеся им в первые два десятилетия нашего века. Именно в лаборатории Рентгена, в тех нескольких десятках выполненных им стандартных лабораторных работ студенческого практикума, а затем и в первых самостоятельных исследованиях, А. Ф. Иоффе усвоил основные принципы плодотворной экспериментальной работы: выбор и постановка интересной и значительной задачи, тщательность и внимание к деталям (в частности, к точности производимых измерений) в процессе ее решения. Основным направлением работ А. Ф. Иоффе стало исследование механических, электрических и фотоэлектрических свойств твердых тел.

Вместе с тем, как справедливо отмечалось, «трудно представить себе более яркий контраст, нежели контраст между чисто феноменологической установкой Рентгена и установкой его нового молодого сотрудника — А. Ф. Иоффе, для которого факты представляли интерес лишь в связи с теорией, позволявшей понять их, т. е. свести в единую стройную схему, хотя бы и не соответствующую старым схемам и принципам»⁶, с. 5).

Скрупулезная точность и аккуратность, некоторая неторопливость в проведении работ, характерная для Рентгена, то обстоятельство, что он никогда не спешил с их публикацией, — все это привело к тому, что некоторые из исследований, выполненных А. Ф. Иоффе в Мюнхене частично совместно с В. Рентгеном, так никогда и не были опубликованы.

К числу таких не увидевших света работ, о которых Иоффе не раз вспоминал впоследствии, относится предложенный им прецизионный метод измерения количества тепла, непрерывно выделяемого препаратом (в лаборатории Рентгена находилось немногим более 60 мг радия — огромное по тем временам количество). Эффект «генерации» тепла радием был установлен еще Пьером Кюри и заинтересовал Рентгена. Немецкий ученый, с одной стороны, с трудом мог допустить существование такого необычного, по представлениям современной ему науки, явления, но, с другой стороны, считал Пьера Кюри одним из лучших экспериментаторов. Работа А. Ф. Иоффе, которому Рентген поручил повторить исследование эффекта, подтвердила результаты Кюри. Но она содержала несомненную «методическую изюминку» — в духе классических экспериментальных приемов конца прошлого — начала нашего веков. Крупишка радия помещалась в пробирку с маслом; в точно такую же пробирку помещалась спираль, нагреваемая током. Равенство мощностей обоих источников тепла устанавливалось с помощью термопар — точным разностным методом. Думается, что появившись соответствующая публикация — она могла бы служить основанием для того, чтобы отнести А. Ф. Иоффе к числу пионеров, исследовавших явление радиоактивности.

Размышления над причиной непрерывной генерации энергии (невольно ассоциировавшейся у физиков тех лет с представлением о некоем вечном двигателе) на начальном этапе работы привели Пьера Кюри к идее о том, что радий пополняет теряемую им энергию за счет поглощения ее от какого-то внешнего источника. А. Ф. Иоффе предположил, что таким внешним источником являются небольшие колебания земного магнитного поля, которые могли бы вызвать соответствующий эффект, если бы радий был «сверхферромагнетиком», т. е. веществом с необычайно большой магнитной восприимчивостью. Простая проверка магнитных свойств радия опровергла это экзотическое предположение. Однако в процессе ее проведения А. Ф. Иоффе был обнаружен эффект фокусировки β -лучей в магнитном поле: важное экспериментальное открытие, повлекшее в последующие годы далеко идущие следствия. Но и оно оказалось неопубликованным.

Если Вильгельм Рентген был прямым учителем А. Ф. Иоффе, то к числу косвенных его учителей, несомненно, следует отнести Пьера Кюри. Абрам Федорович не один раз писал о том влиянии, которое оказали исследования французского ученого на его собственные работы и научные интересы. Приведенный только что пример при всей его значимости носит все же скорее эпизодический характер. Гораздо более существенным оказалось влияние Пьера Кюри на работы А. Ф. Иоффе по механическим и электрическим свойствам кристаллов. Классические исследования П. Кюри (проведенные в соавторстве с его братом, Жаком Кюри), приведшие к открытию пьезоэлектричества, были в существенной своей части выполнены на кристаллах кварца. В процессе проведения этих работ новый эффект пьезоэлектричества был использован Кюри в качестве инструмента для прецизионных измерений. Когда Рентген предложил Иоффе подробно исследовать причину электризации кварца, Иоффе, естественно, сразу же столкнулся с работами Кюри. Вот что по этому поводу вспоминал Абрам Федорович в 1956 г.: «Мне было предложено выяснить: что является причиной упругого последствия — деформация или напряжение, вызывающее деформацию. Разделить их, казалось, можно было бы при помощи пьезокварца. Напряжение, определяемое подвешенным грузом, остается неизменным; если деформация будет продолжать расти, она создаст дополнительный заряд на электродах. В ходе этого исследования пришлось наблюдать упругое последствие при изгибе пластинки Кюри. Я приписал его пьезоэлектрическим зарядам, заполняющим в этом случае весь объем кристалла. Чтобы устранить в этом случае появление зарядов при изгибе, следовало вырезать пластинку в другом кристаллографическом направлении.

Об этом я написал Пьеру Кюри и просил его, если он признает мои соображения правильными, передать мастерской заказ на такую пластинку. Вскоре я получил ответ, подтверждающий мои соображения, а вслед за этим и саму пластинку, с помощью которой установил отсутствие истинного упругого последствия в кварце» (2, с. 214).

В приведенных отрывках чрезвычайно емко изложен результат трудных и долгих исследований А. Ф. Иоффе, начатых в Мюнхене и продолженных им и его учениками в 10-е годы в Петрограде. Следует отметить, что экспериментальными и теоретическими проблемами упругого последствия занимались многие выдающиеся физики прошлого века, в том числе Больцман, Гельмгольц, Максвелл *). Максвелл приписал эффект

*) Явление упругого последствия заключается в приращении упругих деформаций при неизменной величине нагрузки, действующей на образец. Имеющее место после снятия нагрузки постепенное возвращение образца к первоначальному состоянию носит название обратного упругого последствия.

упругого последствия неоднородности испытываемых материалов и перестройке их структуры, вызываемой нагрузкой. Отсюда возникла идея проверки существовавших гипотез на совершенном монокристалле, в качестве которого в Мюнхене и был выбран кварц.

Поначалу и на кварце, казалось бы, наблюдалось явление последствия. Однако А. Ф. Иоффе показал, что оно вызвано специфическими пьезоэлектрическими свойствами кварца и определяется зарядами, появляющимися на поверхности кварца под действием нагрузки. Для того чтобы устранить их влияние, «разрядить» кварцевый конденсатор, А. Ф. Иоффе воздействовал на используемый кристалл проникающим излучением: лучами радия, рентгеном и ультрафиолетовым светом.

Таким образом, своими работами по изучению эффекта последствия Иоффе не только прояснил оставшийся невыясненным вопрос, но и проложил дорогу двум важнейшим направлениям дальнейших исследований: изучению механических свойств реальных твердых тел и их электрических свойств, в первую очередь — исследованию влияния излучения на электропроводность. Известно, что оба эти направления играли и продолжают играть исключительно большую роль в науке и технике.

6. Абрам Федорович любил вспоминать о том, как Рентген сначала отказывался верить в резкое повышение электропроводности предварительно облученных («рентгенизованных») образцов под действием света. Маститый ученый поколебался в этом своем убеждении после того как Иоффе, работавший в одной из комнат лаборатории Рентгена, показал ему, как резко меняется величина тока, проходящего через кристалл, под влиянием переменного освещения (например, затенения солнечного света облаками), и как резко она возрастает, если осветить образец огнем обыкновенной спички. Комментируя круг этих работ, Я. И. Френкель писал в 1948 г., что А. Ф. Иоффе «принадлежит честь открытия внутреннего фотоэффекта в рентгенизованных кристаллах, а также всего комплекса явлений, связанных с этим эффектом, в частности, явления окраски кристаллов, спектров поглощения света в них перехода F-центров в U-центры и обратно.

Эти явления были снова обнаружены и подробно изучены через 12 лет Р. Полем и его школой в Гёттингене; соответствующие публикации начали появляться лишь в 1919—1920 гг., тогда как пионерские работы А. Ф. Иоффе были задержаны печатанием до 1922 г. ... Эта ничем не оправданная многолетняя задержка в публикации замечательных работ А. Ф. Иоффе об электрических и фотоэлектрических свойствах диэлектрических кристаллов является, — подытоживал Я. И. Френкель, — по моему мнению, серьезным тормозом в истории развития русской физики»⁶, с. 8).

Наряду с собственными исследованиями по внутреннему фотоэффекту, А. Ф. Иоффе, в порядке дальнейшего их развития, а также стимулированный проводившимися на его глазах классическими работами Планка и Эйнштейна, сначала заинтересовался, а потом и непосредственно приступил к изучению особенностей классического (внешнего) фотоэффекта и излучения. Здесь следует напомнить, что упомянутые работы названных немецких физиков не сразу завоевали себе должную популярность в широких научных кругах. Тем более показателен активный к ним интерес А. Ф. Иоффе. В одной из первых своих статей он подверг внимательному анализу и критике исследования Э. Ладенбурга «О начальной скорости и количестве фотоэлектронов»⁷. Соответствующие печатные работы Иоффе вышли одновременно как в Германии⁸, так и на страницах «Журнала

Русского физико-химического общества (часть физическая)»^{9*}). Эта первая на русском языке статья А. Ф. Иоффе примечательна еще и тем, что именно в ней, пожалуй, впервые в нашей физической литературе, было упомянуто имя Эйнштейна: она вообще была, по существу, первым в России откликом на работы Эйнштейна по теории лучистой энергии и фотоэффекту. Статья Иоффе начинается емким и кратким их рефератом, после чего автор переходит к рассмотрению полученных Ладенбургом в том же 1907 г. экспериментальных данных по фотоэффекту. Обработав эти данные в духе основных положений эйнштейновской теории фотоэффекта, А. Ф. Иоффе показал, что они полностью подтверждают эту теорию, хотя, как пишет Иоффе, Ладенбург «стоит на другой точке зрения; он считает отделение электронов следствием резонанса с периодом светового колебания и для объяснения полученных результатов прибегает к произвольным и маловероятным гипотезам. О соответствии его наблюдений с предсказаниями Эйнштейна автор не упоминает»⁹.

7. Уже отмечалось, что годы учения у Рентгена и активной научной деятельности Иоффе (сначала в Мюнхене, а затем в Петербурге) совпали с революционными событиями в физике: открытием радиоактивности, возникновением квантовой теории излучения. На эти же годы приходится и окончательные экспериментальные доказательства дискретной (зернистой), как ее называли в те годы) природы электричества. Серия работ этого направления, связанная в основном с именами английских физиков: Дж. Дж. Томсона, Г. Вильсона, И. Таунсенда и др., получила, казалось бы, окончательное завершение в знаменитых работах, начатых весной 1909 г. (и продолженных в последующие годы) американским физиком Р. Милликеном. Однако хорошо известно, что уже после публикаций основных результатов его исследований вышли из печати работы австрийского физика, ученика Л. Больцмана — Ф. Эренгафта, в которых данные Милликена подвергались сомнению и доказывалось существование субэлектронов с дробным зарядом (значение которого в некоторых случаях составляло $1/200$ часть измеренного Милликеном единичного). В возникшей между Милликеном и Эренгафтом длительной полемике принял участие и А. Ф. Иоффе. 8 марта 1911 г. в Петербурге он выступил на заседании Русского физико-химического общества с докладом, в котором подверг анализу опыты Эренгафта и выдвинул гипотезу, которая, по его мнению, объясняла результаты австрийского физика и одновременно сохраняла в силе все основные выводы Милликена. Иоффе полагал, что на движущиеся в конденсаторе ультрамикроскопические, т. е. очень маленькие частицы (капли) оказывают влияние заряженные и еще более мелкие («амикроскопические») частички, невидимые в ультрамикроскоп, через который австрийский исследователь вел свои наблюдения.

Несколько позже А. Ф. Иоффе решил воспроизвести — с некоторыми конструктивными изменениями и усовершенствованиями — ныне хорошо известную схему опытов Милликена и Эренгафта. Он не был одинок в этом намерении: так, осенью 1912 г. готовился к проведению серии сходных контрольных опытов геттингенский физик Р. Поль⁴, с. 92. Проблема зернистости электрона и измерений его заряда не была снята с повестки дня, так что усилия Абрама Федоровича отнюдь нельзя считать запоздалыми.

К сожалению, мы не располагаем материалами, на основе которых можно было бы однозначно судить о мотивах, побудивших Иоффе осуще-

*) Первая печатная работа А. Ф. Иоффе вышла в 1906 г. Это была его изданная на немецком языке диссертация на степень доктора Мюнхенского университета. В том же году часть из нее была опубликована в «Annalen der Physik»¹⁰.

ствить это тонкое экспериментальное исследование, тем более трудное, что в России того времени оснащенность лабораторий была чрезвычайно скудной. Стоит напомнить, что руководство физико-математического факультета Петербургского университета всячески внедряло в те годы ставшее традиционным для этого факультета правило выбирать тематику исследований для молодых физиков по принципу воспроизведения лучших научных работ, выполненных за границей. Эту традицию Хвольсон в беседе с Иоффе назвал «замечательной»⁵. Быть может, исходя из стоявшей перед ним необходимости защиты магистерской диссертации (1913 г.), Иоффе и предложил провести цикл работ по измерению заряда электрона, руководствуясь не столько приверженностью к упомянутой «традиции», сколько желанием усовершенствовать миллиkenовскую методикку, а также провести и опытную проверку своих собственных соображений о статистической природе излучения.

Обосновывая уже на страницах диссертации выбор этого направления работ, А. Ф. Иоффе специально подчеркивал, что электродинамика Максвелла — Лоренца получила — блестящее! — подтверждение в основном на эффектах, относящихся к макроскопическим телам и проходящим в них явлениях (электропроводность, магнитное поле токов, оптика и т. д.), в то время как «попытки обнаружить те же свойства на свободном электричестве приводили к отрицательному результату»^(11, с. 27). Свою задачу Иоффе как раз и видел в том, чтобы распространить «учение об элементарном электрическом заряде и магнитном поле движущегося электричества на свободное электричество, возникающее в фотоэлектрическом эффекте и в катодных лучах»^(11, с. 27).

В то же время в опытах Милликена, которые уже в 1913 г. Иоффе называл классическими, речь шла не об измерении «свободного электричества» (т. е. зарядов самих электронов), а электричества, связанного с атомами, т. е. ионов. Действительно, Милликен наблюдал в своем приборе изменение заряда капель (частичек) в результате прилипания к ним ионов из окружающей атмосферы, подвергнутой действию какого-либо ионизатора. В итоге своих работ, оперируя с элементарными актами испускания фотоэлектронов, Иоффе надеялся выяснить, в какой мере правомочен перенос выводов о заряде ионов на заряд электронов. Вместе с тем, он хотел показать, что этот акт является «элементарным не только со стороны лучистой энергии»^(11, с. 28).

Существенно важной была методическая находка А. Ф. Иоффе, который фиксировал (меняя напряженность поля конденсатора) положение наблюдавшейся им частички цинка, добываясь ее неподвижности, тогда как Милликен измерял скорость движения частичек до и после изменения их зарядов (прилипания ионов), с последующим использованием в расчетах по определению заряда формулы Стокса. Последняя, как известно, несмотря на уточнения, внесенные в нее Миллиkenом и Куннигом, оставалась приближенной.

Напомним, что условия равновесия частички с массой M и зарядом e имеет в поле конденсатора простейший вид

$$e \frac{V}{d} = Mg;$$

здесь V — разность потенциалов, d — расстояние между обкладками, g — ускорение силы тяжести. Изменение e за счет испускания фотоэлектрона под действием ультрафиолетового света компенсировалось соответствующим изменением V , так что выполнялась серия равенств

$$e_1 V_1 = e_2 V_2 = e_3 V_3 = \dots,$$

откуда и возникал чрезвычайно простой — «нулевой», как называл его А. Ф. Иоффе, — способ определения изменения заряда, которое всегда оказывалось кратным элементарному, определенному Милликеном. Заметим, что точность, достигнутая Иоффе на его установке, позволяла фиксировать потерю частичкой *одного* электрона. Абсолютное измерение величины заряда проводилось на основе определения скорости падения частичек, плотность которых была твердо установлена, и привело к подтверждению результатов Милликена. Способ получения исследуемых частичек соответствовал предложенному Эренгафтом.

8. Не будет ошибочным утверждение, что основным в своей магистерской работе А. Ф. Иоффе считал исследования природы фотоэффекта. Недаром же его ближайший друг, П. С. Эренфест, в письмах к Абраму Федоровичу называл весь этот цикл его работ «фотомилликеновским» (4, с. 128). А. Ф. Иоффе указывал в своей диссертации, что уже вскоре после открытия фотоэффекта, в частности, в работах петербургского физика И. И. Боргмана и московского — А. Г. Столетова, был подвергнут внимательному изучению эффект «запаздывания» между началом освещения образцов светом и возникновением фототока. Поскольку, как это отчетливо показали опыты самого Иоффе по измерению заряда электрона, фототок складывается из отдельных электронов, очевидно, что если источник света в опытах будет очень слабым, моменты вылета фотоэлектронов из облучаемого образца должны разделяться друг от друга достаточно большими промежутками времени (периодами «покоя»). Имея в виду эту идею и в результате тщательно проведенных опытов, А. Ф. Иоффе однозначно доказал, что фотоэффект является, по существу, явлением *статистическим*. Подобный статистический характер эффекта маскируется в случае макроскопических значений фототока. В случае же элементарных актов испускания электронов, наблюдаемых при неизменных условиях интенсивности и др. характеристик освещения, а также неизменности массы частичек и самой среды, в которой они находятся *), он проявляется необычайно рельефно, и величина «запаздывания» менялась в пределах от неизмеримо малых промежутков времени до многих минут.

Именно статистический характер излучения вытекает из эйнштейновской теории излучения, основанной на представлении о квантах света («атомистической теории света», как называл ее А. Ф. Иоффе **). Стоит напомнить, что квантовость, прерывность излучения, была установлена Планком еще в 1900 г. Однако позднее, в 1911—1912 гг., немецкий ученый стремился, хотя и частично, избавиться от этой прерывности, разрабатывая теорию, согласно которой электрон непрерывно (а не в результате элементарного, мгновенного акта) накапливает энергию от источника излучения частоты ν , испуская ее лишь тогда, когда «собранная» энергия оказывается кратной величине $h\nu$. Идеи Планка использовались для объяснения упомянутого выше «запаздывания».

Вскоре после того как в 1912 г. работы А. Ф. Иоффе по элементарному фотоэффекту были опубликованы в Германии ¹², Зоммерфельд прислал ему свои расчеты, относящиеся к статистике вылета фотоэлектронов,

*) В первых опытах Милликена существенным источником ошибок была потеря веса за счет испарения капелек масла, с которыми он экспериментировал. Цинковые частички, с которыми работал А. Ф. Иоффе, не только обладали максимальной фоточувствительностью к ультрафиолетовому свету, но характеризовались еще и неизменностью массы.

**) Представляется интересным подчеркнуть, что известные опыты С. И. Вавилова по квантовым флуктуациям света генетически, несомненно, связаны с рассмотренными работами А. Ф. Иоффе и с его (совместными с Н. И. Добронравовым) важными экспериментами по флуктуациям рентгеновского излучения, выполненными в 1925 г.

хорошо подтверждавшие данные опыта. Вспоминая об этом письме, Иоффе добавляет: «А от Милликена я получил длиннейшее послание, в котором, наряду с приветствиями и поздравлениями, выражалось его огорчение, что не он первый воспользовался приемом уравнивания частиц в электрическом поле» (5, с. 109)*).

Абрам Федорович держал в курсе всех своих работ П. С. Эренфеста. Переписка обоих физиков свидетельствует о внимании, с которым Эренфест следил за этими исследованиями. Показательно в этом плане его письмо к А. Ф. Иоффе от 6 января 1913 г. Видимо, получив текст диссертации Иоффе, Эренфест писал ему из Лейдена: «Твоя фотомилликеновская работа совершенно превосходна. Прошу немедленно выслать мне краткое «предварительное сообщение» для Амстердамской Академии. Лоренц уже очень интересуется всей совокупностью твоих прежних работ... Весьма велика вероятность, что сейчас это дело обсуждается в Берлине (Поль!). Тебе непременно следует обеспечить свой приоритет. И прошу тебя сделать это в Амстердамской Академии, а не в Мюнхене. Твою рукопись я должен получить 23 января, самое позднее 24/1, тогда 25 января Лоренц смог бы представить ее Академии. Для этого ты должен отослать рукопись 16 или 17 января. В ней следует только сообщить, что из неокисленных шариков за счет фотоэлектрического эффекта тебе удалось «вытащить» электроны один за другим, что предельное значение потенциала равно приблизительно такой то величине, что ты можешь удерживать шарики в покое и что основным в твоей методике является:

- 1) выделение элементарных актов фотоэлектрических процессов, благодаря чему теперь спорные вопросы могут быть изучены точнее и *глубже*;
- 2) возможность измерения чрезвычайно малых сил — и все» (4, с. 111—112).

Можно думать, что именно под влиянием этих призывов и состоялась упоминавшаяся выше немецкая публикация результатов Иоффе, вызвавшая интерес со стороны Зоммерфельда и Милликена и закрепившая авторитет Иоффе, на работу которого позднее непосредственно ссылался Милликен. Что касается посылки краткого отчета для Амстердамской Академии, то, видимо, А. Ф. Иоффе так и не собрался вовремя его написать.

9. Прежде чем перейти к изложению второй части магистерской диссертации А. Ф. Иоффе, отметим, что разработанную в ее первой части методику, с некоторыми модификациями, он использовал десятилетием позднее в совместной с Н. И. Добронравовым работе¹³. В это время (1923—1924 гг.) оживленно дискутировались опыты Комптона по эффекту рассеяния рентгеновских лучей, получившему позднее его имя. Опыты продемонстрировали справедливость представления Эйнштейна о фотонах («игольчатое излучение») и, тем самым, отвергли «вторую гипотезу» Планка (1911 г.) о том, что квантовые осцилляторы, излучая энергию прерывно, квантами, поглощают ее непрерывно. Однако высказывались и сомнения в корректности опытов Комптона. В работе Иоффе и Добронравова¹³ в конденсатор была вмонтирована миниатюрная (диаметром 8 мм) рентгеновская трубка. Металлическое острие, служившее ее катодом, освещалось ультрафиолетовым светом дуги, который примерно 1000 раз в секунду выбивал из острия электрон. Ускоренный в поле трубки, этот электрон вызывал на антикатоде вспышку рентгеновских лучей, воздействовавших, в свою очередь, на взвешенную в поле конденсатора висмутовую пылинку. Периодическая пылинка теряла равновесие — в соответствии с вылетом

*) К сожалению, во время блокады Ленинграда погибла часть писем, полученных А. Ф. Иоффе в довоенное время (письма Эренфеста и Рентгена Абрам Федорович увез с собой в эвакуацию в Казань).

из нее фотоэлектрона. Измерение его энергии в сочетании с зафиксированной в опытах частотой процесса (потеря равновесия происходила примерно один раз каждые 2 часа) однозначно подтверждало справедливость корпускулярных представлений о квантах света.

Интересно отметить, что после того как опыты Милликена, Эренгафта и Иоффе почти шесть десятилетий являлись достоянием истории физики, к ним снова вернулись в попытках экспериментально доказать существование кварков с их дробным зарядом. Эти попытки, однако, не привели к искомым результатам (см., например, ¹⁴).

Вернемся к магистерской диссертации Иоффе. Она включала в себя еще одну — независимую часть: исследование магнитного поля катодных лучей. Во введении к этой части А. Ф. Иоффе с большим мастерством и обстоятельностью излагает предысторию этих исследований, в то время насчитывающую три десятилетия. В 80-е годы прошлого столетия живо обсуждался вопрос о природе катодных лучей. Г. Герц на основе своих опытов отрицал их «корпускулярный» характер, полагая, что в этом случае имеет место чисто волновой процесс, с которым связано существование отклоняющего магнитного поля. Последующие работы Перрена, Томсона и др. опровергли первое утверждение Герца, и катодные лучи стали рассматривать как поток электронов. При таких условиях вопрос о существовании вокруг них магнитного поля, совпадающего по характеру с магнитным полем любого конвекционного тока, особых сомнений не вызывал. Вместе с тем предпринимавшиеся попытки зафиксировать это поле прямыми экспериментами в течение ряда лет терпели неудачи. Проанализировав их причины, А. Ф. Иоффе в своей работе сконструировал прибор, в котором предусматривалась возможность непосредственно измерить отклонение магнитиков, помещенных над разрядной трубкой, под влиянием создаваемых в ней катодных лучей. Магнитик, поворачиваясь, вызывал поворот зеркальца, укрепленного на нити его подвеса, и, соответственно, отклонение направленного на зеркальце луча света. Градуируя прибор с помощью обычного проводника с током, помещенного на место разрядной трубки Иоффе однозначно и прямым экспериментом установил существование магнитного поля катодных лучей, значение которого оказалось в хорошем соответствии (в пределах точности метода, составлявшей несколько процентов) со своим расчетным значением.

9 мая 1913 г. на защите магистерской диссертации Иоффе в физической аудитории Петербургского университета присутствовал, среди прочих, Л. С. Термен, его будущий сотрудник, а в то время совсем молодой человек. В своих воспоминаниях об Абраме Федоровиче он поделился своими впечатлениями об этом событии, столь ясно сохранившемся в его памяти: «К доске вышел высокий молодой человек и мягким голосом с легкой улыбкой стал рассказывать о сущности фотоэлектрического эффекта, вылетающих электронах и экспериментальном устройстве для реального наблюдения за этими явлениями» (¹⁵, с. 109). На Л. С. Термена произвело особое впечатление то обстоятельство, что обо всех этих предметах, которые в те годы чаще всего связывались в сознании людей со сложными математическими формулами и символами, Абрам Федорович говорил как о зримых, повседневно встречающихся, доступных непосредственному ощущению предметах. Л. С. Термен писал: «Он показывал руками, как они соударяются или поглощаются, летят в пространстве и изменяют свою траекторию. При этом его жесты были очень характерными, такими же мягкими, как его голос и конструкция фраз» (там же).

10. Обзор дореволюционных работ А. Ф. Иоффе мы завершим рассмотрением его (совместного с М. В. Кирпичевой) исследования электро-

проводности кристаллов, завершено в 1916 г.¹⁶ К тому времени уже было доказано Варбургом, что в ионных кристаллах, с их плотно упакованной решеткой, имеет место движение ионов и что прохождение тока сопровождается электролизом. Однако не было четкого определения того, какие именно ионы принимают участие в процессе электропроводности. Было лишь установлено, что у отдельных образцов, так называемых «естественных», т. е. неочищенных, ионных кристаллов величина электропроводности меняется в пределах двух порядков. В работе Иоффе был поставлен и решен вопрос о том, какие именно ионы — чужеродные (примесные) или «свои» — принимают участие на всех стадиях этого процесса. Методом «электролитической очистки», т. е. многократным пропусканием постоянного тока через кристалл, авторы получили чистые образцы кристаллов (аммониевых и калиевых квасцов, медного купороса). Если воспользоваться принятой ныне в физике полупроводников терминологией, то Иоффе и Кирпичева разделили примесную и собственную (ионные) проводимости. Именно такие совершенные кристаллы оказались объектами, позволяющими судить об истинной подвижности ионов, поскольку в растворах электролитов (или в газах) ионы окружены достаточно плотной атмосферой дипольных молекул. На примере таких совершенных кристаллов (как и ранее, в случае кварца) было показано, что величина тока в зависимости от приложенного напряжения подчиняется закону Ома (подправленному с учетом э. д. с. поляризации).

Какова же причина появления собственной ионной проводимости? А. Ф. Иоффе справедливо усматривает ее в явлении тепловой диссоциации решетки (а также диссоциации под действием внешних излучений): ионами проводимости становятся те ионы решетки, которые «благодаря случайностям теплового движения или недостаточно прочному положению в основной решетке кристалла, совершенно выведены в данный момент из положения равновесия» (16, с. 129). При этом было показано на опыте, что электропроводность экспоненциально зависит от (обратной) температуры. Что касается поведения диссоциированных ионов, то оно уже не определяется, по Иоффе, собственным электрическим полем кристалла, а управляется внешним полем (поскольку оно приложено к кристаллу). Таким образом, в этой работе, генетически связанной с более ранними исследованиями Абрама Федоровича, выполненными им еще в Мюнхене, в явном виде прослеживаются наметки развитой позднее картины реального кристалла (не обязательно ионного) с его так называемым «внутренним испарением» атомов из узлов решетки в пространстве междоузлий и последующим их движением в этом пространстве — беспорядочным или направленным, в зависимости от внешних условий.

К общей проблеме электропроводности кристаллов А. Ф. Иоффе возвратился еще раз в итоговом обзорном докладе, сделанном им на 4-м Сольвеевском конгрессе в Брюсселе в апреле 1924 г.¹⁷ Он свел в нем воедино итоги двадцатилетнего исследования этой проблемы. Доклад Иоффе вызвал оживленные прения, в которых приняли участие ведущие физики мира — как экспериментаторы (г-жа М. Кюри, Резерфорд, Ричардсон, фон Хевеши), так и теоретики (Дебай, Ланжевэн, Шрёдингер); доклад еще более укрепил научный авторитет Абрама Федоровича.

11. Экспериментальные и теоретические открытия в физике, сделанные на рубеже двух веков, XIX и XX, с убедительностью показали, что этой науке предстоит сыграть исключительную роль в развитии техники. Возникал вопрос о ее выходе из университетского затворничества, в котором по традиции исповедовали лозунг «науки для науки» и гордились своей оторванностью от техники и промышленности. Одновременно с этим

становилось все более ясно, что физика с ее новыми идеями, методами и приборами может служить прогрессу смежных областей знания и, в частности, медицине. Говоря об этих последних перспективах, мы имеем в виду прежде всего открытие рентгеновских лучей и радиоактивности, лечебные и диагностические возможности которых были очень скоро оценены учеными.

В России человеком, который это понимал лучше других, был профессор М. И. Неменов, работавший в Женском медицинском институте и основавший еще в 1913 г. Всероссийское общество рентгенологов и радиологов. Примерно тогда же он начал добиваться организации института, в котором были бы сосредоточены исследования рентгеновских лучей. Однако его инициатива наталкивалась на стену инертности и равнодушия, характерную для чиновников царской России. Начавшаяся первая мировая война, казалось бы, совершенно похоронила эту идею.

Октябрьская революция в корне изменила весь строй жизни в России и, в частности, открыла совершенно новые перспективы развития науки в стране. Это определялось дальновидностью возглавившего советское правительство Владимира Ильича Ленина и его ближайших соратников, и прежде всего Анатолия Васильевича Луначарского, руководившего Народным комиссариатом просвещения. Поэтому неудивительно что правительство всемерно поддерживало инициативу прогрессивно мыслящей интеллигенции России, направленную на развитие науки и техники. В Петрограде с такой инициативой выступили М. И. Неменов, А. Ф. Иоффе и Д. С. Рождественский. М. И. Неменов в тяжелейшем для молодой Республики 1918 году обратился за поддержкой идеи организации нового института к А. В. Луначарскому и, вспоминая много лет спустя о своей с ним встрече, удивлялся стремительности, с которой тот понял суть дела и обещал всячески поддержать эту инициативу и способствовать претворению ее в жизнь. Неменов считал целесообразным и необходимым наряду с изучением терапевтического действия рентгеновских лучей и лучей радия поставить исследования чисто физические (с его точки зрения — прикладные), имеющие целью перекинуть мост между характеристиками излучения и его биологическим эффектом. Наряду с этим он намеревался организовать в стране производство рентгеновских аппаратов.

Для руководства работами по реализации этих планов в России тех лет были две подходящие фигуры: П. П. Лазарев, известный физик, ученик и преемник П. Н. Лебедева (М. И. Неменова в нем привлекал его интерес к биофизике — П. П. Лазарев был, по существу, первым русским физиком, имевшим к тому же медицинское образование), и Абрам Федорович Иоффе, крупнейший к тому времени в стране специалист по рентгеновским лучам. Кандидатура П. П. Лазарева практически сразу отпала — он был занят организацией нового института в Москве (Институт физики и биофизики). А. Ф. Иоффе откликнулся на предложение М. И. Неменова и взял на себя разработку планов физико-технического отдела будущего института. Наряду с этим в структуру института предполагалось включить медико-биологический (М. И. Неменов) и радиологический (Л. С. Коловрат-Червинский) отделы.

Нынешний Физико-технический институт АН СССР, носящий имя Абрама Федоровича Иоффе, ведет свое летоисчисление с 23 сентября 1918 г. В этот день, как свидетельствует протокол заседания Малой областной комиссии по просвещению, ее заседание было открыто в 16 час. 45 мин. Среди девяти стоявших на повестке дня вопросов (решенных за полчаса: заседание закрылось в 17.15) комиссия прослушала и «доклад г. Луначарского — о Государственном рентгенологическом и радиологическом институте» и постановила: «Поручить профессору Иоффе разработать план

физико-технического и радиологического отделов Государственного рентгенологического и радиологического института»¹⁸.

12. Начиная с 1918 г. и по 1950 г., когда А. Ф. Иоффе был директором Физико-технического института и возглавлял в нем лабораторию (в разное время, в соответствии с менявшейся тематикой, называвшуюся по-разному), а затем в 50-е годы, когда он руководил сначала отдельной лабораторией при Отделении физико-математических наук, преобразованной вскоре в Институт полупроводников, — он интенсивно работал во многих физических и физико-технических направлениях исследований. Ниже будет дан краткий обзор результатов, полученных им в области физики кристаллов и физики полупроводников.

В упоминавшейся уже статье «Моя жизнь и работа»², А. Ф. Иоффе назвал четыре кардинальные проблемы, которым он и коллектив его учеников и сотрудников уделял самое пристальное внимание и для решения которых были приложены максимальные усилия. На первое место среди этих проблем он поставил механические свойства твердых тел *). Абрам Федорович вспоминал, как в годы работы у Рентгена, разобравшись в том, что в идеальном (или близком к идеальному) кристалле отсутствует упругое последствие, он, удовлетворившись этим существенным результатом, перешел к другим исследованиям. Вместе с тем, с точки зрения практических нужд, необходимо было проводить исследования реальных технических материалов. Такие исследования, не говоря о прикладном их значении, очень интересны и с чисто научной точки зрения, так как соответствующая задача охватывает целый спектр эффектов, поскольку разнообразие свойств реальных кристаллов определяется отступлением от модели идеальной решетки.

К проблеме реальных кристаллов Иоффе обратился сразу же после революции в стенах созданного им Института. Он высказал идею о необходимости наблюдения за деформацией кристаллической решетки, находящейся под действием нагрузки, с помощью рентгеновских лучей. С этой целью была сконструирована специальная установка для снятия лауэграмм кристалла; соответствующая картина могла фиксироваться не только на фотопленке, но и на специальном экране **), фосфоресцирующем под действием рентгеновских лучей. Изменения в положении интерференционных пятен, возникающих в результате отражения рентгеновских лучей от соответствующих плоскостей, позволяли визуально наблюдать за кинетикой процесса деформации. При этом А. Ф. Иоффе было открыто так называемое явление «астеризма», заключающееся в том, что по достижении определенного значения нагрузки (предела упругости) начинается смещение и изменение формы их пятен — вытягивание в полосы и их «дробление». Внешне пятна становились похожими на примитивное изображение цветов или звезд, откуда и возникло название эффекта. Причина же подобного изменения заключается в перестройке кристалла под влиянием нагрузки, образовании поликристаллической структуры в нем. При этом поликристаллы, на которые «разбивается» образец, поворачиваются в процессе деформации друг относительно друга — при сохранении целостности нагруженного кристалла.

Если первые опыты, проведенные с кристаллами каменной соли и относившиеся к 1919—1920 гг. (выполненные совместно с М. В. Кирпичевой¹⁹), позволяли получить лишь качественную картину явления, то последую-

*) Другими проблемами были: электрические свойства твердых изоляторов; электроны и световые кванты; развитие новой техники (в основном А. Ф. Иоффе имел в виду энергетику и физику полупроводников).

**) Изготовленным для этой цели Л. С. Терменом.

шие исследования (в которые включилась М. А. Левитская²⁰) носили уже количественный характер, давали возможность оценить величину предела упругости и его температурную зависимость и провести сравнение между экспериментальным и теоретическим значением прочности*). Каменная соль была выбрана в качестве образца для изучения как потому, что именно для ее решетки М. Борном были рассчитаны прочностные параметры, так и потому, что этот кристалл тщательно исследовался в ряде предшествующих опытов и по нему уже был накоплен большой экспериментальный материал.

Важным результатом, полученным в процессе этих исследований Иоффе, было установление того экспериментального факта, что различие между пластичностью и хрупкостью имеет относительный характер. Иоффе писал об этом так: «Нет хрупких и мягких материалов: все зависит от соотношения при данных температурах между пределом текучести и пределом прочности»^(2, с. 249).

При этом Иоффе было введено важное представление о критической температуре хрупкости. Находится эта величина пересечением кривых зависимости от температуры предела текучести и предела хрупкой прочности. Последний практически постоянен в широком интервале температур, а первый, как мы видели, с ростом температуры падает. В условиях испытаний ниже критической температуры проявляется хрупкая прочность, образец рвется, по Иоффе, без деформации; выше этой температуры успевает начаться вязкое течение образца, прочность его возрастает**). Подобное поведение кристаллов, наблюдаемое впервые на примере каменной соли, но проявляющееся и в случае ряда металлов, получило название «схемы Иоффе» и в течение многих лет являлось отправной точкой для проведения статических и динамических испытаний материалов.

В 1924 г. к исследованиям А. Ф. Иоффе по прочности и пластичности кристаллов присоединился П. С. Эренфест, который в августе — сентябре этого года находился в Ленинграде. Совместно с Эренфестом Иоффе продолжал изучать явление астеризма. На опытах с кристаллами цинка было показано, что при данном значении нагрузки имеет место прерывный, «квантовый» характер сдвигов, причем промежутки времени между двумя последовательными сдвигами остаются строго постоянными, тогда как их число в единицу времени возрастает с ростом нагрузки, причем при достаточно больших ее значениях они следуют друг за другом столь часто, что сдвигообразование представляется уже практически непрерывным процессом. Каждый сдвиг сопровождается своеобразной акустической эмиссией — «тиканием», напоминающим звук идущих часов. Этот эффект, который следовало бы назвать эффектом Иоффе — Эренфеста, был затем подробно исследован в ФТИ М. В. Классен и получил теоретическое объяснение в работе Н. Н. Давиденкова (30-е годы), а в 50—60-е годы был истолкован в терминах дислокационной теории в лаборатории М. В. Классен в Институте кристаллографии АН СССР.

Другим важным итогом исследований А. Ф. Иоффе было заключение о том, что подобное сдвигообразование сопровождается упрочнением: прочность на разрыв в случае каменной соли увеличивается в 10—12 раз, с сотни Г/мм² до нескольких кГ/мм².

*) По существу, А. Ф. Иоффе предложил определять предел упругости кристалла как такое значение напряжения, при котором начинается «растягивание» и вообще эволюция лауэвских пятен. При повышении температуры предел упругости, определенный таким образом, падает, обращаясь в нуль при плавлении.

***) А. В. Степанов показал, что хрупкому разрыву все же предшествует, хотя бы и в небольшой степени, — пластическая деформация (двойникование, скольжение и т. д.).

Изучение хрупкой прочности кристаллов и выявление резкого различия в величинах теоретического и технического ее значений составило новый и большой этап в работах Иоффе и его школы по прочности твердых тел. Соответствующее противоречие носило столь «катастрофический» характер — 400 Г/мм^2 вместо примерно 200 кг/мм^2 ! — и, с другой стороны, было с такой убедительностью продемонстрировано в опытах Иоффе (а также и других исследователей), что ставило под сомнение справедливость теоретических расчетов Борна.

А. Ф. Иоффе, в развитие исследований английского физика Гриффитса, показал, что причина такого расхождения связана с наличием на поверхности испытуемых образцов макроскопических трещин — тех «слабых» мест, с которых начинается процесс хрупкого разрушения. На это обстоятельство Иоффе указал впервые еще в работе 1924 г.²⁰; полное исследование было опубликовано годом позднее²¹. Освобождая (растворением) поверхность испытуемых образцов от имеющихся на ней трещин, Иоффе и М. А. Левитская показали, что это сопровождается резким повышением прочности, величина которой приближается к своему теоретическому значению. Интересна в этом плане реакция на полученные в Ленинграде результаты со стороны Борна. Борн пишет Иоффе 5 апреля 1924 г. из Гёттингена: «Расхождение между наблюдаемой прочностью и вычислены на основе электростатических соображений ее значением очень тревожило меня; это было самым темным местом в теории решеток» *). Борн высоко оценивает эксперименты Иоффе и находит совершенно правильным данное им объяснение эффекта.

Некоторые физики поначалу выдвигали против работ Иоффе ряд возражений (с такими возражениями выступили немецкие ученые Мюллер и Смекал), однако большинство исследователей приняло его объяснение эффекта упрочнения и подтвердило полученные им результаты, так что можно утверждать, что эта работа быстро получила общее признание, а само явление упрочнения, возникающее за счет «залечивания» поверхности от имеющихся на ней в реальных условиях трещин (и дефектов, возникающих в процессе самой деформации **)) получило название «эффекта Иоффе». Описание этого яркого явления вошло в учебники (не только в вузовские, но и в школьные!) и служит сейчас предметом лекционных демонстраций. С другой стороны, развитие методов «лечения» поверхности получило дальнейшее физико-техническое развитие и привело к созданию сверхпрочного стекла (работы Ф. Ф. Витмана и его сотрудников в ФТИ, см. ²²). Значение указанных работ Иоффе состоит еще в том, что в них впервые внимание исследователей было привлечено к влиянию на прочностные свойства не только дефектов, но и физического состояния поверхности в целом. В этом направлении сейчас проводятся интенсивные исследования.

Свои работы по проблемам физики твердых тел А. Ф. Иоффе обобщил в известной книге «Физика кристаллов», написанной по материалам лекций, прочитанных в 1927 г. во время длительной командировки в США. Книга вышла в Америке и в нашей стране практически одновременно (1928 и 1929 гг.)²³ и получила весьма благоприятный отклик^{24, 25}.

В начале 30-х годов А. Ф. Иоффе возвращается к этим своим исследованиям, но занимается ими теперь скорее эпизодически. Вместе с С. Н. Журковым и А. Ф. Вальтером он исследовал вопрос о прочности на разрыв тонких нитей и фольг, а заключил цикл работ по этой проблеме в 1934 г. докладами на Международной конференции по физике в Лондоне (соот-

*) Ленинградское отделение Архива АН СССР, фонд 910, ед. хр. 94.

***) Данное уточнение эффекта Иоффе принадлежит А. В. Степанову.

ветствующие статьи были опубликованы в трудах конференции годом позже ^{26, 27}). В дискуссии по этим докладам исследования А. Ф. Иоффе и его школы заслужили высокую оценку коллег.

Проблемы физики прочности продолжали и продолжают оставаться в центре внимания большой группы учеников и сотрудников Иоффе, как во ФТИ, так и в других институтах нашей страны. В 30-е годы большой вклад в их дальнейшее развитие был внесен А. П. Александровым, С. Н. Журковым и А. В. Степановым. Исследования прочности продолжались и во время войны в приложении их к задачам совершенствования оборонной техники, а также и после ее окончания, вплоть до наших дней: изучение проблемы прочности является традиционным для ФТИ им. А. Ф. Иоффе. Соответствующие работы на новом уровне проводятся С. Н. Журковым, В. Р. Регелем, В. А. Степановым и их сотрудниками. При этом наряду с кристаллическими телами изучаются также и композиционные материалы, с применением самых современных методов их исследования. Широкий круг работ по изучению статических и динамических прочностных характеристик разнообразных по своей природе материалов привел к построению кинетической теории прочности, генетически связанной с пионерскими исследованиями Абрама Федоровича, начатыми 60 лет назад.

13. Д. Бардин, один из крупнейших специалистов в области физики твердого тела, в обзорном докладе, прочитанном на Международной конференции по физике полупроводников, состоявшейся летом 1960 г. в Праге (это была последняя конференция, в работе которой принял участие А. Ф. Иоффе), обращаясь к истории становления этой области науки, сказал, что ее «... основы были заложены Вильсоном и Моттом в Англии, Шоттки и Вагнером — в Германии и Иоффе и Френкелем в Советском Союзе» ²⁸.

А. Ф. Иоффе внес, если можно так выразиться, двойной вклад в развитие физики полупроводников. Он был одним из первых, кто увидел возможности, заложенные природой в этих своеобразных материалах. Именно в Физико-техническом институте и по его инициативе в самом начале 30-х годов началось систематическое изучение их многообразных свойств и технических приложений. К работам по полупроводниковой тематике Абрам Федорович привлек целый ряд сотрудников ФТИ, а также физиков из других городов страны (А. Н. Арсеньева, Б. М. Гохберг, Ю. А. Дунаев, В. П. Жузе, Б. Т. Коломиец, Б. В. Курчатов, И. В. Курчатов, Ю. П. Маслаковец, Д. Н. Наследов, Л. М. Неменов, В. М. Тучкевич, П. В. Шаравский и др.). Сам А. Ф. Иоффе занимался исследованиями полупроводников с момента их постановки в ФТИ и до последних дней жизни, т. е. на протяжении трех десятилетий, выполнив ряд важных работ, оказавших большое влияние на развитие всего этого направления в целом.

К двум названным «составляющим полупроводниковой активности» Абрама Федоровича можно добавить немаловажную третью: он был страстным пропагандистом полупроводников. Эта непрестанная деятельность берет свое начало с известной статьи «Полупроводники — новый материал электротехники», опубликованной в популярном журнале «Социалистическая реконструкция и наука» ²⁹, и продолжалась в многочисленных журнальных и газетных статьях, в выступлениях на совещаниях и конференциях, включая речь А. Ф. Иоффе на Пленуме ЦК КПСС в июле 1960 г. ³⁰. К сказанному следует добавить книги Иоффе, посвященные физике полупроводников. Первая из них — «Электронные полупроводники» ³¹ — была издана в 1933 г. в числе монографий сотрудников ФТИ,

приуроченных к 15-летию юбилею Института (двумя годами позднее увидело свет ее французское издание). А с 1954 по 1958 гг. Иоффе ежегодно выпускал по книге, посвященной полупроводниковой тематике. Эти книги очень быстро переводились на иностранные языки, выходили новыми изданиями. Большое значение имела и деятельность Абрама Федоровича по организации всесоюзных полупроводниковых конференций — уже до войны было создано пять таких конференций.

14. Хронологически первая научная работа Иоффе по физике полупроводников³², выполненная им совместно с Я. И. Френкелем, была доложена как раз на первой из этих конференций, состоявшейся осенью 1931 г. в Ленинграде. Она была посвящена теоретическому анализу контактных явлений на границе металл — полупроводник. Выпрямляющее свойство такого контакта (экспериментально открытое довольно давно), было в работе объяснено в рамках теории туннельного эффекта, благодаря которому электрон проходит через зазор (запорный слой) между металлом и полупроводником. Эта теория не могла удовлетворительным образом объяснить эффект выпрямления в меднозакисных выпрямителях. Она, однако, была возрождена четверть века спустя, в применении к описанию поведения туннельных диодов Есаки и, шире, туннельных эффектов в полупроводниках.

Вопросы выпрямления и фотоэлектрических свойств контактов были подвергнуты подробному экспериментальному исследованию в ряде работ А. Ф. Иоффе, выполненных им совместно с А. В. Иоффе. Основываясь на этих работах, советские теоретики Б. И. Давыдов, Д. И. Блохинцев, С. И. Пекар и А. И. Губанов заложили основы диффузионной теории выпрямления на контакте металл — полупроводник и контакте двух полупроводников с разным типом проводимости, причем выводы теории подвергались дальнейшей экспериментальной проверке в работах А. Ф. и А. В. Иоффе.

Важным результатом работ по фотоэлектрическому эффекту в полупроводниках было доказательство пропорциональности фотопроводимости числу поглощенных фотонов и выявление связи между положением максимума внутреннего фотоэффекта на спектральной кривой и толщиной образца, а также определение связи между температурным коэффициентом электропроводности и шириной запрещенной зоны (на примере кристаллов закиси меди). Подробному исследованию подвергся и отрицательный фотоэффект (т. е. уменьшение величины тока с ростом освещенности).

Работы А. Ф. Иоффе по фотоэлектрическому эффекту в полупроводниках позволили ему высказать обоснованную и смелую гипотезу о том, что именно полупроводники способны обеспечить практически выгодное преобразование энергии излучения в электрическую энергию. В довоенные годы в лаборатории А. Ф. Иоффе первые шаги на этом пути были сделаны Б. Т. Коломийцем и Ю. П. Маслаковцем на примере фотоэлемента из сернистого таллия, к. п. д., которого составил 1,1%. Это был принципиальный результат, открывший дорогу исследованиям данного направления, приведшим уже в наше время к кремниевым преобразователям солнечной энергии с к. п. д. порядка 15% *).

15. В военные годы работы по физике полупроводников были отодвинуты на второй план: физики-полупроводниковцы занимались решением оборонных задач (созданием высокопрочной брони, противоминной защи-

*) Преобразователи на гетеропереходах, разработанные в ФТИ в самое последнее время Ж. И. Алферовым и его сотрудниками, имеют рекордный к. п. д., равный 25%.

той кораблей и другими вопросами). В самые первые послевоенные годы основным направлением работ ФТИ была прикладная ядерная физика. Работы по физике полупроводников возобновились, но лишь очень постепенно набирали силу. Значительный стимул они получили после открытия американскими физиками транзисторного эффекта. Имея в виду огромные возможности, открывающиеся перед радиотехникой (и электротехникой) с изобретением транзистора, новые проблемы физики полупроводников начала успешно изучать небольшая группа сотрудников под руководством В. М. Тучкевича. Эта группа послужила ядром нескольких мощных полупроводниковых лабораторий сегодняшнего Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе.

Что касается самого Абрама Федоровича, то он с конца 40-х годов сосредоточил свои интересы на изучении новых полупроводниковых материалов и, главное, на разработке физических основ термоэлектрических явлений и их приложениях. Здесь А. Ф. Иоффе исходил из потребностей, диктуемых энергетикой: эта проблема в условиях ограниченных запасов «традиционного» топлива занимала его уже с очень давних пор *). В его лаборатории, опять-таки еще в довоенные годы, в этом направлении были получены обнадеживающие результаты. Ю. П. Маслаковец с сотрудниками разработал термоэлементы из сернистого свинца, дававшие ток в десятки ампер. Уже во время войны под его руководством были разработаны термоэлектрогенераторы (ТЭГ) для питания партизанских радиостанций. После войны ТЭГ подобного типа выпускались нашей промышленностью серийно и использовались для питания радиоприемников в сельской местности. В дальнейшем их значение резко уменьшилось как в связи со сплошной электрофикацией, так и с разработкой транзисторных радиоприемников, работающих на миниатюрных батареях. Однако одновременно развитие техники в других областях создало потребность в автономных источниках питания для удаленных и труднодоступных объектов, — таких, как, например, автоматические метеостанции в горах, маяки, буи, космические аппараты, ретрансляционные станции, станции катодной защиты газо- и нефтепроводов. В настоящее время ТЭГ, работающие как на радиоактивном, так и на органическом топливе применяются в ряде промышленно развитых стран для решения упомянутых выше задач. При этом к. п. д., обеспечиваемый многокаскадными ТЭГ, может достигать 20%.

В брошюре «Энергетические основы термоэлектрических батарей из полупроводников»³⁴ А. Ф. Иоффе в 1950 г. построил теорию, на основе которой были сформулированы требования к полупроводниковым материалам, используемым в термобатареях и обеспечивающим получение максимального значения к. п. д. Эти требования сводились к тому, чтобы сделать по возможности меньшей теплопроводность полупроводника, увеличить подвижность носителей тока в нем и обеспечить оптимальную их концентрацию. Они определяли также выбор характера легирования и материала для термоэлементов. Этой работой была проложена дорога к широкому практическому применению термоэлементов в «малой энергетике» и впервые доказана теоретическая перспективность полупроводниковых термоэлектрических холодильников. Непосредственно вслед за этим (1951 г.) в ФТИ под руководством А. Ф. Иоффе и Ю. П. Маслаковца Л. С. Стильбансом был разработан первый в мире полупроводниковый холодильник, что послужило началом развития новой области техники — термоэлектрического охлаждения. В последующие годы в Институте

*) Приведем в качестве примера речь А. Ф. Иоффе, произнесенную на Всесоюзном совещании по составлению генерального плана электрофикации в 1931 г.³³

полупроводников была разработана серия термоэлектрических холодильников (Л. С. Стильбанс, А. Н. Воронин, Е. А. Коленко). В настоящее время термоэлектрические холодильники и термостаты широко применяются во всем мире для решения ряда задач в радиоэлектронике, приборостроении, медицине, космической биологии и др. Многокаскадные холодильники обеспечивают охлаждение от комнатной температуры до 150 °К и даже до более низких температур.

С перечисленными работами, имеющими четкое прикладное значение, непосредственно связаны важные теоретические и экспериментальные исследования А. Ф. Иоффе и А. В. Иоффе по теплопроводности полупроводников (в процессе их проведения был, в частности, разработан новый и эффективный нестационарный метод измерения теплопроводности, обеспечивающий высокую точность при хорошем быстродействии).

Весь комплекс работ по термоэлектрическим свойствам полупроводников, начатый еще в довоенные годы и все возрастающими темпами проводившийся Абрамом Федоровичем в последнее десятилетие его жизни, привел к созданию в нашей стране новой области энергетики — термоэлектрическому преобразованию тепловой энергии, и полупроводниковой холодильной техники, с целым комплексом впервые в мире разработанных приборов.

С появлением упомянутых выше американских работ конца 40-х годов по транзисторному эффекту и с изобретением транзисторов внимание исследователей во всем мире было на первых порах сосредоточено на полупроводниковых материалах четвертой группы периодической системы Менделеева, прежде всего на германии и кремнии. К числу заслуг А. Ф. Иоффе в области физики полупроводников следует отнести его работы по изысканию новых, перспективных для технических приложений материалов — по исследованию твердых растворов, аморфных и жидких полупроводников и изучению их свойств в широком интервале температур, включая и область, примыкающую к температурам плавления. При этом зонная структура полупроводников, как показали эксперименты ученика и многолетнего сотрудника А. Ф. Иоффе А. Р. Регеля, не меняется существенным образом при переходе через температуру плавления: сохраняются свойства электропроводности, столь характерные для полупроводников и т. д. В этих работах была продемонстрирована, таким образом, определяющая роль ближнего порядка, от которого зависят электрические свойства и энергетические (зонные) характеристики полупроводников, которые не претерпевают кардинальных изменений при переходе из твердого в жидкое состояние — в соответствии с точкой зрения Иоффе о том, что свойства полупроводников находятся в прямой зависимости от природы химической связи³⁶. С идеями А. Ф. Иоффе о зонной структуре полупроводников генетически тесно связаны исследования Б. Т. Коломийца и Н. А. Горюновой по стеклообразным полупроводникам (халькогенидным стеклам) и теоретические работы по аморфным полупроводникам А. И. Губанова — все они выполнены в ФТИ им. А. Ф. Иоффе.

16. В уже не раз цитированной нами статье² Абрам Федорович в параграфе, посвященном изложению результатов его научных исследований, пишет: «Я не только вел свою индивидуальную работу, но и руководил научной работой быстро растущего института. Первые 7—8 лет я фактически участвовал в постановке и разработке почти всех работ института, и только постепенно начали выделяться в пределах института группы, самостоятельно идущие вперед... С другой стороны, и мою научную работу я проводил не один, а вместе с коллективом в 10—15 человек.

Поэтому если бы я даже захотел со всей добросовестностью выделить долю моего личного участия в научной работе, это было бы неосуществимо и бесцельно» (2, с. 244).

В целом ряде статей, вышедших из стен ФТИ в 20—40-х годах, фамилии Иоффе нет в числе их авторов, но его вклад в них непосредственно виден из текста — «долю личного участия» Абрама Федоровича может выделить добросовестный историк. Существенно, что речь здесь идет не только об эпизодическом консультировании или замечаниях, высказанных им либо при просмотре текста статьи, либо при ее обсуждении на семинаре (что, вообще говоря, тоже отнюдь не маловажно!). Очень часто Иоффе принадлежит сама идея или метод, использованный для ее «претворения в опыт». Позиция Абрама Федоровича в этих случаях, исключительная научная щедрость отвечали его моральным принципам и были составляющими «искусства руководства молодыми сотрудниками», о котором темпераментно написал в статье, посвященной своему учителю Н. Н. Семенов³⁷. Абрам Федорович в совершенстве владел этим искусством, что и сделало его главой самой мощной школы советских физиков. Упомянутые моральные принципы Абрама Федоровича Н. Н. Семенов емко выразил в нескольких «заповедях», две из которых мы здесь напомним: «Если ты хочешь, чтобы ученик занялся разработкой какой-либо новой твоей идеи или нового направления, сделай это незаметно, максимально стараясь, чтобы он как бы сам пришел к этой идее, приняв ее за свою собственную, пришедшую ему самому в голову под влиянием разговоров с тобой». Другая заповедь: «Не увлекайся чрезмерным руководством учениками, давай им возможность максимально проявлять свою инициативу, самим справляться с трудностями. Только таким образом ты вырастишь не лаборанта, а настоящего ученого» (37, с. 10).

Можно привести много примеров «закулисного» участия Иоффе в работах его сотрудников; мы ограничимся одним, правда, очень существенным. Один из первых фундаментальных результатов, полученных в ФТИ в процессе исследований полупроводников, принадлежал В. П. Жузе и Б. В. Курчатову. В их работе³⁸ впервые в мире было показано, что проводимость полупроводников пропорциональна количеству содержащихся в них примесей (эксперименты проводились на закиси меди; исследованной примесью был избыточный кислород, менявший величину электропроводности на семь порядков). Одновременно с этим было разграничено влияние примесной и собственной проводимости. Роль этой работы представляется еще большей, если вспомнить, что в те годы не было современных эффективных методов очистки кристаллов, и для того, чтобы что-либо увидеть «на грязном фоне», требовалось особенное искусство и изобретательность. В начале 30-х годов многие физики вообще сомневались в том, что полупроводник может обладать собственной проводимостью, т. е. вся проводимость, по их мнению, обусловлена примесями, а совершенный полупроводник — это изолятор.

Авторы работы³⁸ писали: «По идее академика А. Ф. Иоффе этот вопрос можно решить измерением температурного хода электропроводности полупроводника с различным содержанием примеси, причем можно ожидать, что полученные кривые температурной зависимости при высоких температурах сольются в одну, отвечающую собственной электропроводности закиси меди, поскольку концентрация электронов, создаваемых примесями в таких условиях, будет мала по сравнению с концентрацией электронов, обязанной диссоциации самой закиси меди» (38, с. 310). В заключение работы авторы выражают признательность Абраму Федоровичу «за предложение темы и ценные советы по ходу работ» (38, с. 317).

17. Физико-технический институт Академии наук СССР, носящий имя А. Ф. Иоффе, был, несомненно, любимым детищем Абрама Федоровича. В его организацию и развитие, в воспитание его сотрудников, занявших позднее ключевые позиции в современной физике, А. Ф. Иоффе вложил всю свою энергию, талант, жар своего сердца. Значение этого института в истории советской физики трудно переоценить. Он явился подлинной кузницей кадров отечественной физики, из его стен вышло более 50 действительных членов Академии наук СССР и республиканских академий, более 20 членов-корреспондентов АН СССР, несколько сотен докторов наук. Все они — питомцы школы Иоффе, многие из них сами возглавили целые направления исследований, создали собственные отмеченные печатью индивидуальности научные школы³⁹.

Юбилеи Абрама Федоровича: его 60-летие, 70-летие, 75-летие, — неизменно собирали в Ленинград питомцев его замечательной школы. Не всем, из-за занятости, удавалось приехать, — и тогда в Ленинград приходили письма, в которых выражалась признательность Абраму Федоровичу, содержалась оценка той роли, которую он сыграл в становлении советской науки. Вот одно из таких писем, направленное Иоффе его учениками — П. Л. Капицей, Л. Д. Ландау, П. Г. Стрелковым, А. И. Шальниковым и подписанное ими и еще несколькими сотрудниками Института физических проблем Академии наук 28 октября 1955 г.:

«Дорогой Абрам Федорович!

У нас нет физика, у которого было бы больше благодарных и преданных учеников. Вот почему сегодняшний Ваш праздник — праздник всей советской физики.

В этот день Ваши старые ученики, Ваши старые сотрудники вспоминают с глубокой признательностью Ваше внимание и заботу о них и вспоминают о Вашем Институте — о своем Институте, в котором учились любить и делать науку, с таким теплым чувством, с каким можно вспомнить только старый родной дом.

Примите, дорогой Абрам Федорович, нашу глубокую благодарность, нашу преданность и пожелания многих радостей Вам и многих успехов Вашему новому институту» *).

18. Рассмотренные выше исследования А. Ф. Иоффе внесли большой вклад в физику первой половины нашего века; благодаря им А. Ф. Иоффе занял прочное место в истории науки. Однако его влияние на развитие отечественной физики этим не исчерпывается. Иоффе был одним из первых, если не первым, физиком, научно-организационная работа которого по своему размаху и значению для страны позволяет отнести его к числу государственных деятелей. Рядом с его именем надо назвать имена Д. С. Рождественского и П. П. Лазарева, относящихся к одному с ним поколению физиков. Абрам Федорович по праву считается одним из основоположников советской физики. Делу ее становления, планированию ее развития, созданию центров физической науки в РСФСР и в союзных республиках, подготовке кадров — он отдавал исключительно много сил и времени.

Проводя эту работу, А. Ф. Иоффе опирался на поддержку советского правительства: сохранился ряд документов, свидетельствующих об его неоднократных контактах с С. М. Кировым, А. В. Луначарским, В. В. Куйбышевым, Г. К. Орджоникидзе. А. Ф. Иоффе в своих беседах с сотрудниками часто высказывал сожаление, что ему не удалось встретиться с В. И. Лениным. Его, естественно, интересовало, в какой мере

*) Письмо хранится в ЛО Архива АН СССР.

глава советского правительства был знаком с инициативой физиков по организации новых институтов, знал ли о деятельности Иоффе и о работах ФТИ. Опубликованный в 1971 г. том Литературного наследства «Ленин и Луначарский» позволяет получить прямые свидетельства об этом интересе.

В марте 1921 г. нарком просвещения Луначарский получил от В. И. Ленина письмо, в котором содержалась просьба сообщить мнение наркома о ряде представителей петроградской интеллигенции, вставшей на рельсы сотрудничества с Советской властью, в частности, о В. А. Стеклове, А. Ф. Иоффе, В. М. Бехтерева, некоторых инженерах, архитекторах и т. д. Отвечая на этот вопрос уже на следующий день по его получении, А. В. Луначарский писал: «Академик А. Ф. Иоффе — недавно избранный. Об избрании такого радикального в политическом убеждении человека и еврея в Академию наук в старое время не могло быть и речи, между тем Иоффе — замечательный физик, в особенности в области рентгенологии и теории строения атомов. Недавно издал прекрасный учебник молекулярной физики. Состоит вместе с выдающимся врачом-организатором Неменовым директором нашего института рентгенологии и радиологии (Государственный рентгенологический и радиологический институт, — В. Ф.), целиком созданного революцией и уже приобретшего европейскую известность»⁽⁴⁰⁾, с. 257).

Другим свидетельством такого же интереса является рассказ проф. Л. С. Термена. В марте 1922 г. в Кремле Л. С. Термен демонстрировал В. И. Ленину ряд своих изобретений. Вспоминая об этом, Л. С. Термен пишет: «Я рассказал Владимиру Ильичу о моих работах под руководством А. Ф. Иоффе. Он сказал, что уже знает об Иоффе много хорошего и что мои аппараты наглядно показывают, какие чудеса может творить электричество»⁽¹⁵⁾, с. 119; см. также⁽⁴¹⁾ *).

19. Хронологически первым воплощением научно-организационной деятельности А. Ф. Иоффе было создание Физико-технического института; мы уже говорили об этом выше. Не подлежит сомнению, что Иоффе сознавал важность этого шага, но, думается, все же не представлял себе, сколь значительным окажется это событие при ретроспективной, спустя два-три десятилетия, его оценке. В самом деле, отдавая должное П. П. Лазареву, организовавшему в Москве Институт физики и биофизики даже несколько раньше, чем «родился» ФТИ, не забывая об огромных заслугах Д. С. Рождественского — первого директора Государственного оптического института, созданного одновременно с ФТИ и сыгравшего столь большую роль в становлении отечественной оптики и оптической промышленности, нельзя не признать, что лидирующее положение в советской физике занимал Физико-технический институт. Под руководством А. Ф. Иоффе он послужил своеобразной и бездефектной «затравкой» для того кристалла, с которым можно образно сопоставить сегодняшний огромный коллектив советских физиков. А как миниатюрна была эта затравка, можно судить, например, по сохранившейся в Архиве ФТИ ведомости на заработную плату (на декабрь 1925 г. — в сравнении с 1918 г. институт к этому времени примерно вдвое расширился!). Соответствующий список включал

*) Просматривая многочисленные книги, изданные к 50-летию и 60-летию Великой Октябрьской социалистической революции, к 100-летию со дня рождения В. И. Ленина, полувековому юбилею СССР, 250-летию со дня основания АН СССР, можно еще раз убедиться, сколь велика была роль А. Ф. Иоффе в строительстве новой науки и техники, новой культуры: его имя часто фигурирует в документах, организационно закреплявших усилия советских ученых, направленные на развертывание научных исследований в стране.

всего 47 человек, причем 38 из этого числа составляли научные сотрудники. Мы приведем этот впечатляющий список, фамилии в котором в подавляющем своем большинстве не нуждаются в комментариях: А. Ф. Иоффе — директор; А. А. Чернышев — зав. отделом, В. Р. Бурсиан — ученый секретарь. Руководители работ: Н. Н. Семенов, Н. Я. Селяков, И. В. Обреимов, Я. И. Френкель, Л. С. Термен, П. И. Лукирский,



Я. Р. Шмидт-Чернышева. Физики: Д. В. Скобельцын, М. А. Левитская, П. С. Тартаковский, А. В. Москвин, В. Н. Кондратьев, Ю. Б. Харитон, Г. А. Гринберг, Л. В. Шубников, Д. А. Рожанский, Ф. А. Миллер, А. К. Вальтер. Старшие ассистенты: А. И. Красников, А. В. Стругинский, П. Г. Стредков, М. М. Ситников. Младшие ассистенты: В. С. Горский, Б. М. Гохберг, Э. Каминский, А. И. Шальников, Ю. П. Маслаковец, Б. К. Шембель, П. Н. Шукин. Управляющий делами — В. Н. Главанов. Добавим сюда В. Н. Дынькова, с 1918 г. заведовавшего механической мастерской ФТИ (впоследствии — доктора технических наук, в послевоенные годы возглавлявшего Конструкторское бюро ФТИ), Н. Г. Михайлова, с 1921 г. заведовавшего стеклодувной мастерской института, воспи-

тателя плеяды замечательных советских стеклодувов, и А. М. Степанова — смотрителя зданий ФТИ, без которого картина довоенного ФТИ была бы неполной.

К 1930 г. научный персонал Института составлял уже 105 человек; к этому времени в нем работали А. И. Алиханов, А. И. Алиханьян, Н. Н. Андреев, В. В. Архаров, Л. А. Арцимович, Н. Н. Давиденков, С. Н. Журков, И. К. Кикоин, П. П. Кобеко, Ю. Б. Кобзарев, Б. П. Константинов, Г. В. Курдюмов, И. В. Курчатов, Л. Д. Ландау, А. В. Степанов, В. А. Фок и многие, многие другие. Около 80 физиков либо непосредственно в годы работы в институте, либо позднее, уже выйдя из его стен, стали действительными членами и членами-корреспондентами АН СССР или АН союзных республик.

Физико-технический институт, руководимый А. Ф. Иоффе, был не только замечательной школой физиков: в нем выросли и крупнейшие организаторы науки. Достаточно сказать, что руководство ведущими физическими институтами страны осуществляется или в течение долгих лет осуществлялось учениками и ближайшими сотрудниками Иоффе. Таковы в Ленинграде сам Физико-технический институт (Б. П. Константинов, В. М. Тучкевич), Институт высокомолекулярных соединений (М. М. Котон), в Москве — Институт химической физики (Н. Н. Семенов), Институт физических проблем (П. Л. Капица), Институт атомной энергии (И. В. Курчатов, А. П. Александров), НИИ ядерной физики при МГУ (В. Н. Вернов), Институт физики твердого тела (Г. В. Курдюмов), Физический институт им. П. Н. Лебедева (Д. В. Скобельцын), Институт экспериментальной и теоретической физики (А. И. Алиханов), Институт биофизики (Г. М. Франк), в Харькове — Украинский физико-технический институт (И. В. Обреимов, А. И. Лейпунский, К. Д. Синельников), в Киеве — Институт физики (А. Ф. Прихотько) и Институт полупроводников (В. Е. Лашкарев), в Баку — институт физики (Г. Б. Абдуллаев), в Вильнюсе — Институт физики полупроводников (Ю. К. Пожела).

20. А. Ф. Иоффе на протяжении всей своей жизни был тесно связан с системой высшего образования. Наиболее существенным его вкладом в развитие отечественной высшей школы была, несомненно, организация осенью 1919 г. физико-механического факультета при Петроградском политехническом институте. По образцу этого факультета в конце 20-х — 40-х годов был создан целый ряд инженерно-физических факультетов в разных вузах страны, включая и Московский физико-технический институт, в организации которого в первые послевоенные годы столь активное участие приняли ученики Иоффе. Очевидная сейчас необходимость построения такой программы обучения, при которой обеспечивалось бы гармоничное сочетание курсов физико-математических и технических (специальных) наук, на начальном этапе создания или реорганизации новых факультетов понимались не всеми. Потребовалось много усилий, чтобы новая система преподавания, разработанная А. Ф. Иоффе и его коллегами и сотрудниками (М. В. Кирпичев, А. Н. Крылов, Ф. Э. Левинсон-Лессинг, А. А. Фридман, П. Л. Капица, Н. Н. Семенов, Я. И. Френкель и др.) получила признание. Отголоском преодоленных трудностей может служить выдержка из приветственного адреса, направленного Абраму Федоровичу осенью 1940 г. руководством и общественными организациями Физико-механического факультета: «Вы не раз спасали факультет в период его младенчества и юности — до тех пор, пока его особое значение для нужд нашей социалистической промышленности не стало очевидным для всех, и факультет достаточно окреп для успешного движения вперед. И хотя мы сожалеем о том, что другие обязанности оторвали

Вас от повседневного участия в работе факультета в последние годы, мы знаем, что факультет всегда может рассчитывать на Ваше содействие. Ваша связь с факультетом сохраняется и в деле использования лучших его кадров, и в деле подготовки их, поскольку эта подготовка осуществляется Вашими учениками или сотрудниками в духе высказанных Вами идей и принципов».

Однако созданием физико-механического факультета и многолетним его руководством не ограничивается вклад А. Ф. Иоффе в дело подготовки кадров физиков. Еще в 10-е годы он, наряду с Политехническим институтом, читал лекции и в Петроградском университете, и в Горном институте, и на известных курсах Лесгафта. С преподавательской работой А. Ф. Иоффе тесно смыкается его просветительская деятельность. Он сотрудничал в широко известных в свое время сборниках «Новые идеи в физике», издававшихся с 1911 г. *). В годы первой мировой войны их выпуск был приостановлен и возобновлен уже после революции, причем сборники выходили уже под редакцией Абрама Федоровича, который определял их тематику и формировал авторский коллектив, преимущественно состоявший из его учеников по ФТИ.

А. Ф. Иоффе написал для последнего (4-го) тома знаменитого курса физики О. Д. Хвольсона главы о термодинамике лучистой энергии и фотоэлектрическом эффекте. В первые послереволюционные годы большой популярностью пользовались его «Лекции по молекулярной физике», вышедшие в издательстве Сабашниковых в 1919 г. (в течение 1923 г. они были дважды переизданы **). С 1919 же года Иоффе стал редактором выпускавшейся издательством Сабашниковых серии книг «Руководства по физике, издаваемые под общей редакцией Российской ассоциации физиков», которую в то время возглавлял Абрам Федорович.

В середине 20-х гг. А. Ф. Иоффе начал работать над «Курсом физики» — к сожалению, оставшимся незавершенным. Он написал 1-й том этого курса — «Основные понятия из области механики. Свойства тепловой энергии. Электричество и магнетизм» (1-е издание — в 1927 г., 2-е — в 1933, 3-е, в корне переработанное — в 1940 г.). Кроме того, совместно с Н. Н. Семеновым им была написана первая часть 4-го тома — «Молекулярная физика» (вышедшая двумя изданиями в 1932 и 1935 гг.). В середине 30-х гг. под руководством А. Ф. Иоффе в Москве на сессии Группы физики АН СССР прошло плодотворное обсуждение принципов построения курса физики для технических вузов; одним из результатов бурных дискуссий тех лет можно считать издание замечательного курса общей физики Г. С. Ландсберга.

Большую роль для подготовки физиков-экспериментаторов имели написанные учениками и сотрудниками А. Ф. Иоффе по ФТИ две книги: «Техника физического эксперимента» (В. С. Горский, В. Н. Кондратьев, К. Д. Синельников, П. С. Тартаковский, Э. П. Халфин, А. И. Шальников) и «Таблицы физических констант» (Н. И. Добронравов, Я. Г. Дорфман, А. Н. Загулин, Н. И. Идельсон, П. П. Кобеко, В. Н. Кондратьев, М. И. Корсунский, И. В. Курчатов, Б. Я. Пинес, Н. Я. Селяков, Н. Н. Семенов, К. Д. Синельников, П. С. Тартаковский, С. Э. Фриш, Э. П. Халфин); Иоффе был инициатором издания этих книг и их редактором.

Среди многих других монографий и учебных пособий, вышедших под редакцией А. Ф. Иоффе, хочется особо отметить необыкновенно популяр-

*) Так, в 4-м сборнике, вышедшем в 1912 г. и посвященном памяти П. Н. Лебедева, А. Ф. Иоффе опубликовал большой обзор по фотоэффекту⁴³ (не учтенный в библиографии его трудов).

**) Именно на эту книгу ссылается А. В. Луначарский в цитированном выше письме к В. И. Ленину.

ный в 20-е — 40-е годы «Задачник по физике», составленный учениками Иоффе по ФМФ и ФТИ — А. Ф. Вальтером, В. Н. Кондратьевым и Ю. Б. Харитонов, выдержавший в 1925—1938 гг. более 10 изданий *).

21. В 20-е годы А. Ф. Иоффе, будучи президентом Российской ассоциации физиков, организовал ряд международных и всесоюзных конференций, проведенных в разных городах страны и сыгравших большую роль в развитии физики и новых ее направлений.

В краткой автобиографии 1951 г. Абрам Федорович считал нужным отметить, что в декабре 1918 г. им было созвано совещание физиков (в Москве), а в январе 1919 г. — 1-й съезд в Петрограде. Задачей этих собраний «было поставить всю русскую физику на службу социалистическому строительству Республики»⁴³. Съезды русских физиков собирались затем — до 1930 г. — раз в два года, причем начиная с 1924 г. (4-й съезд в Ленинграде) к участию в их работе Иоффе, пользуясь своим авторитетом и положением, привлекал ведущих зарубежных ученых: назовем в их числе М. Борна, Л. Бриллюэна, Ч. Дарвина, П. Дебая, П. Дирака, А. Зоммерфельда, О. Ричардсона, В. Паули, Дж. Франка, Ф. Франка, П. Эренфеста).

В ряду всесоюзных совещаний, посвященных отдельным разделам физики, инициатива созыва которых принадлежала А. Ф. Иоффе и его ближайшим сотрудникам (Н. Н. Семенову, И. В. Курчатову и др.), нужно особо отметить представительные конференции по физике ядра. Первая из них состоялась в 1933 г. в Ленинграде, а среди ее участников были супруги Жолио-Кюри, Ф. Перрен, П. Дирак, Ф. Разетти **); всего до войны было проведено пять конференций. В предвоенное десятилетие было проведено шесть конференций по физике полупроводников, несколько конференций по специальным проблемам физической химии, физики твердых тел и высокомолекулярных соединений.

22. Мы сравнительно подробно остановились на трех направлениях организационной деятельности А. Ф. Иоффе. Ограничимся, за недостатком места, простым упоминанием об огромной работе, которую Абрам Федорович проводил в Академии наук СССР: он дважды, в 1926—1929 и 1942—1945 гг. был ее вице-президентом, занимал в ней и ряд других высоких должностей — был академиком-секретарем Отделения физико-математических наук (1942—1945 гг.), членом Президиума АН СССР (1945—1952 гг.), председателем Комиссии по полупроводникам при Президиуме (1952—1960 гг.), возглавлял многочисленные комиссии, в разное время создававшиеся Академией.

Большую роль в укреплении международного авторитета отечественной физики играли научные связи А. Ф. Иоффе с зарубежными учеными. Напомним что в течение более тридцати лет, с 1902 г. и до середины 30-х годов, он (с перерывом на годы первой мировой и гражданской войн) практически ежегодно бывал за границей, где установил тесные научные, а часто и дружеские отношения с крупнейшими физиками; во второй половине 50-х гг. такие поездки возобновились, и Иоффе контактировал с новым, послевоенным поколением ученых.

Абрам Федорович высоко нес знамя советской физики, был истинным ее полпредом, выступал на многочисленных съездах, созывавшихся за рубежом, принимая участие в работе международных организаций: так,

*) О целой серии книг по физике полупроводников, написанных Иоффе в послевоенные годы, мы уже говорили.

**) Труды этой конференции вышли под редакцией М. П. Бронштейна, В. М. Дукельского, Д. Д. Иваненко и Ю. Б. Харитона⁴⁴.

в 1930—1948 гг. он был членом Сольвеевского комитета, а в 1957 г. — избран вице-президентом Международного союза чистой и прикладной физики и председателем Международной комиссии по полупроводникам этого союза. На съездах, конференциях, семинарах Иоффе рассказывал об успехах советской физики в целом и физиков, принадлежавших к его школе, — в частности, справедливо придавая большое значение пропаганде этих достижений.

Вряд ли можно назвать крупного физика — современника Иоффе, не знакомого с Абрамом Федоровичем и с работами, которые велись им самим и его учениками и сотрудниками. Это позволило Иоффе уже в самые первые послереволюционные годы установить тесные связи между ФТИ и лабораториями Резерфорда — в Англии, Марии Кюри — во Франции, Каммерлинг-Оннеса — в Голландии, Дж. Франка — в Германии, с западными центрами теоретической физики (Н. Бора, М. Борна, А. Зоммерфельда, П. Ланжевена, М. Планка и А. Эйнштейна). Наиболее способных своих сотрудников, и прежде всего научную молодежь, Иоффе командировал в перечисленные физические центры, причем средства на эти поездки он неоднократно выделял из высоких гонораров, которые получал за свою консультационную и лекционную деятельность на Западе (другая часть этих средств шла на закупку приборов для ФТИ и научной литературы для институтской библиотеки).

Нельзя себе представить и зарубежного физика, который, очутившись в 20—50-е годы в Ленинграде, не побывал бы в Физико-техническом институте (а позднее — в Институте полупроводников), чтобы повидаться с А. Ф. Иоффе, обсудить с ним волновавшие его проблемы, ознакомиться с работами сотрудников ФТИ или ИППАН, а часто и поработать в их лабораториях. Визит к Абраму Федоровичу стал традицией приезжавших в СССР зарубежных физиков. Многочисленные тому свидетельства — письма, хранящиеся в фонде А. Ф. Иоффе в Ленинградском отделении Архива АН СССР.

23. А. Ф. Иоффе, как и всякому человеку, приходилось принимать важные решения, на много лет вперед определявшие его жизнь и научную деятельность. Одним из таких решений была поездка в Мюнхен (1902 г.) и последовавшие годы работы с Рентгеном, а затем отказ от лестного, но совершенно неприемлемого для Иоффе предложения остаться в Германии (1906 гг.).

Переломными годами оказались годы революции и гражданской войны, когда А. Ф. Иоффе создавал Физико-технический институт и физико-механический факультет Политехнического института. К концу 20-х годов ФТИ вырос в мощный исследовательский центр, из его стен вышло много превосходных работ. Встал вопрос о дальнейшем развитии института. Абрам Федорович смело пошел на создание новых самостоятельных научных учреждений, выделяя для них площади, ценнейшее оборудование, а главное, — воспитанных им, тут даже можно сказать «взлелеянных» способнейших своих учеников и сотрудников. Некоторое время Иоффе осуществлял руководство «Комбинатом физико-технических институтов» — самого ФТИ, Института химической физики (Н. Н. Семенов), Электрофизического института (А. А. Чернышев) и др., а затем с середины 30-х гг. предоставил им полную самостоятельность*).

*) На базе ФТИ с 1927 по 1977 гг. было создано всего 16 институтов. Приведем их список.

Институты, созданные на базе Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР:

1. Теплотехнический институт, Ленинград, 1927. 2. Украинский физико-технический институт, Харьков, 1929. 3. Сибирский физико-технический институт, Томск,

А. Ф. Иоффе задумывался о выборе новых перспективных направлений исследований, о новых кадрах: «материнский» Физико-технический институт с начала 30-х годов переживал, по существу, стадию второго рождения. Такими направлениями, как уже упоминалось, стали: физика полупроводников, ядерная физика и физика полимеров. Удивительная интуиция, всегда характеризовавшая Абрама Федоровича, и на этот раз позволила ему произвести оптимальный выбор: всем известна сейчас роль, которую эти области физики играют в современной науке и технике, как известен и вклад Иоффе в их развитие.

Конец 20-х годов был связан и с изменением в личной жизни Абрама Федоровича. В 1928 г. он вступил во второй брак; его женой стала Анна Васильевна Ечеистова (Иоффе). А. В. Иоффе, работавшая в ФТИ (после окончания физического факультета Ленинградского университета), стала ближайшей сотрудницей мужа в его экспериментальных исследованиях по физике полупроводников и до конца дней Абрама Федоровича была его верной спутницей и помощницей.

Организация науки, руководство большими коллективами ученых, собственные исследования — все это требовало максимального напряжения сил, было сопряжено с преодолением многочисленных трудностей. Разумеется, на этом нелегком пути у А. Ф. Иоффе случались и неудачи, неизбежные для столь много и интенсивно работавшего человека; к счастью, эти периоды были сравнительно кратковременными. К их числу относятся неоправдавшиеся надежды, которые возлагались Иоффе на тонкослойную изоляцию и создание миниатюрных аккумуляторов электроэнергии, надежды, разделявшиеся его сотрудниками и многими учеными за рубежом. Нелегкими для А. Ф. Иоффе были дни, когда во время прений по докладу, посвященному почти 20-летней деятельности ФТИ, на сессии Академии наук СССР (март 1936 г.) он подвергся слишком резкой и подчас неоправданной критике, исходившей от ряда его непосредственных учеников. Особенно трудным оказался для Абрама Федоровича 1950 г., когда он должен был уйти с поста директора Физико-технического института, в котором руководил более 30 лет. В течение последних полутора лет работы в ФТИ он возглавлял отдел, объединяющий ряд полупроводниковых лабораторий этого института.

Приходится с сожалением констатировать, что со стороны новой дирекции ФТИ не было проявлено должного такта в сложившихся обстоятельствах: это вынудило Абрама Федоровича уйти из ФТИ. Предварительно он поставил перед Академией наук вопрос о возможности организации самостоятельной лаборатории полупроводников. Эта инициатива А. Ф. Иоффе получила полную поддержку со стороны руководства Академией. В марте 1952 г. при ее физико-математическом отделении такая лаборатория была создана. Во главе лаборатории стал Абрам Федорович. В ее состав вошел целый ряд его сотрудников (в том числе А. И. Ансельм,

1929. 4. Ленинградский институт химической физики, 1931 г. 5. Ленинградский электрофизический институт, 1931 г. 6. Институт телемеханики, 1931 г. 7. Среднеазиатский гелиотехнический институт, Самарканд, 1931 г. 8. Институт музыкальной акустики, Ленинград, 1931 г. 9. Уральский физико-технический институт, Свердловск, 1932 г. 10. Днепропетровский физико-технический институт, 1933 г. 11. Физико-агрономический институт ВАСХНИЛ, Ленинград, 1934 г. 12. Лаборатория № 2 (в дальнейшем Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова), Москва, 1943 г. 13. Лаборатория № 3 (в дальнейшем Институт теоретической и экспериментальной физики им. А. И. Алиханова), Москва, 1945 г. 14. Институт полупроводников АН СССР, Ленинград, 1954 г. 15. Ленинградский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова, АН СССР, Гатчина, 1972 г. 16. Ленинградский научно-исследовательский вычислительный центр АН СССР, 1977 г.

В. П. Жузе, А. В. Иоффе, Ю. П. Маслаковец, А. Р. Регель, Л. С. Стильбанс и другие — в лаборатории на первых порах работало 36 человек). Темп и масштабы работ начали непрерывно расти. К осени 1954 г. ее штат увеличился вдвое, — в основном, за счет пришедшей из вузов молодежи. Работы проводились в направлении изучения электрических и тепловых свойств полупроводников, термоэлектричества (последнее имело четкую техническую направленность). Свидетельством успеха этих работ было решение Президиума Академии наук, принятое в ноябре 1954 г., об организации на базе Лаборатории полупроводников Института полупроводников Академии наук, ставшего, таким образом, последним в длинном ряду институтов, организованных А. Ф. Иоффе.

Все последующие годы жизни Абрама Федоровича прошли под знаком радостного творчества в стенах этого молодого института, которым руководил старый ученый с молодым и острым умом исследователя и организатора. Число публикаций А. Ф. Иоффе в научных журналах, отражающее научную активность ученого, начиная с 1954 г. резко возросло. Его работоспособность не могла не вызывать удивления и восхищения.

Работы последних лет жизни Абрама Федоровича охватывали целый комплекс чисто физических исследований полупроводников и их технических применений (см. с. 32—33).

Под его руководством широкое развитие получили исследования по термоэлектричеству. Недаром одну из книг Иоффе на эту тему⁴⁵ за границей называли «библией по термоэлектричеству». Уделяя, как и раньше, много времени проблемам энергетики, А. Ф. Иоффе настойчиво подчеркивал роль полупроводниковых материалов в решении вопросов преобразования солнечной энергии. Все эти работы получили поддержку не только в нашей стране, но и среди зарубежных коллег. Так, очень лестную оценку исследований Иоффе по термоэлектричеству высказали Ф. Жолио-Кюри и М. Борн, которым он направил отписки своих последних публикаций на эту тему.

Академия наук СССР, сотрудники Института полупроводников, ленинградские физики, ученики Абрама Федоровича, работающие в Москве и других городах Советского Союза, готовились в конце октября 1960 г. торжественно отметить 80-летний юбилей выдающегося советского ученого. Абрам Федорович скоропостижно скончался 14 октября этого года — за две недели до своего юбилея.

Уже к концу 40-х годов А. Ф. Иоффе был самым старшим среди физиков и математиков Советского Союза по времени избрания в действительные члены Академии наук. Он был почетным или иностранным членом многих академий мира, почетным доктором прославленных университетов. Его заслуги получили высокую оценку Коммунистической партии, членом которой А. Ф. Иоффе был с 1940 г., и Советского правительства. Он был награжден тремя орденами Ленина, в 1955 г. ему присвоено звание Героя Социалистического Труда; в 1942 г. его исследования по физике полупроводников были удостоены Государственной премии СССР 1-й степени, а в 1961 г. (посмертно) — Ленинской премии.

Абрам Федорович оставил после себя большое научное наследие, вошедшее в золотой фонд науки XX века, оставил обширную научную школу и преданных учеников. Его имя неразрывно связано с историей науки и культуры нашего социалистического государства, верным сыном которого он был всю свою жизнь.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тимошенко С. П.— в кн. Воспоминания об А. Ф. Иоффе.— Л.: Наука, 1973.— С. 17—18.
2. Иоффе А. Ф. Моя жизнь и работа.— В кн. Иоффе А. Ф. О физике и физиках.— Л.: Наука, 1977.— С. 230.
3. Райт Р. Х. Наука о запахах.— М.: Мир, 1966.
4. Эрефест — Иоффе. Научная переписка.— Л.: Наука, 1973.
5. Иоффе А. Ф. Встречи с физиками.— М.: Физматгиз, 1960.
6. Френкель Я. И. Абрам Федорович Иоффе.— Л.: Наука, 1968.
7. L adenburg E.— Phys. Zs., 1907, Bd. 8, S. 590.
8. Ioffe A. F.— Ann. d. Phys., 1907, Bd. 24, S. 938.
9. Иоффе А. Ф.— ЖРФХО, Ч. физ., 1907, т. 39, с. 248; то же: Иоффе А. Ф. Избранные труды. Т. II.— Л.: Наука, 1975 *).
10. Ioffe A. F.— Ann. d. Phys., 1906, Bd. 20, S. 919.
11. Иоффе А. Ф. Элементарный фотоэлектрический эффект. Магнитное поле катодных лучей (Опытное исследование).— СПб., 1913; то же: Иоффе, II, с. 26—89.
12. Ioffe A. F.— Sitzungber. Akad. Wiss. Math. Phys. Kl., 1913, Hf. 1, S19.
13. Ioffe A. F., Dobronravov N. I.— Zs. Phys., 1925, Bd. 34, S. 889.
14. Шехтер В. М. Достижения и трудности кварковой модели.— В кн. Элементарные частицы: Четвертая школа физики ИТЭФ.— М.: Атомиздат, 1976.— Вып. 1, с. 38.
15. Термен Л. С.— В кн. Воспоминания об А. Ф. Иоффе.— Л.: Наука, 1973.— С. 108.
16. Иоффе А. Ф., Кирпичева М. В.— ЖРФХО. Ч. физ., 1916, т. 48, с. 261; то же: Иоффе А. Ф. Избранные труды. Т. I.— Л.: Наука, 1974.— С. 125 **).
17. Ioffe A. F. La conductibilite electrique des cristaux.— In: Rapports et discussions du Quatrieme Conseil de Physique tenu a Bruxelles 24—29 IV 1924.— Paris, 1927.— P. 215. то же: Иоффе, I, с. 209.
18. Френкель В. Я.— УФН, 1968, т. 96, с. 529.
19. Иоффе А. Ф., Кирпичева М. В. Упругая и остаточная деформация кристаллов.— В кн. Сообщения о научно-технических работах в Республике. Март — апрель 1920 г.— М., 1920.— С. 53; Ioffe A. F., Kirpitscheva M. Phil. Mag., 1922, v. 43, p. 204.
20. Иоффе А. Ф., Кирпичева М. В., Левитская М. А.— ЖРФХО, Ч. физ., 1924, т. 56, с. 489; то же: Иоффе, I, с. 186.
21. Иоффе А. Ф., Левитская М. А. Прочность и упругость естественной каменной соли.— В кн. Сборник работ по прикладной физике.— М., 1925, № 2, с. 5—12; то же: Иоффе, I, с. 201.
22. Пух В. П. Прочность и разрушение стекла.— Л.: Наука, 1973.
23. Иоффе А. Ф. Физика кристаллов.— М.: ГИЗ, 1929.
24. Ioffe A. F. The Physics of Crystals.— N. Y.; Lnd.: McGraw Hill, 1928.
25. Френкель Я. И.— УФН, 1929, т. 9, с. 403.
26. Ioffe A. F. On the Cause of Low Value of Mechanical Strength.— In: Intern. Conference on Physics. London, V. 2, The Solid State of Matter.— Lnd., 1935.— P. 72; то же: Иоффе, I, с. 296.
27. Ioffe A. F. On the Mechanism of Brittle Rupture.— Ibid.— P. 77; то же: Иоффе, I, с. 303.
28. Vardaan J.— In: Proc. of Intern. Conference on Semiconductor Physics. Prague, 1961.— P. 1009.
29. Иоффе А. Ф.— Сорена, 1931, вып. 2—3, с. 108.
30. Иоффе А. Ф. Речь на июльском пленуме ЦК КПСС.— Правда, 1960, 15 июля, № 168.
31. Иоффе А. Ф. Электронные полупроводники.— М.; Л.: ГТТИ, 1933.
32. Ioffe A. F., Frenkel J.— Phys. Zs. Sowjetunion, 1932, Bd. 1, S. 60; то же: Иоффе, II, с. 135.
33. Иоффе А. Ф.— Электричество, 1931, № 14, с. 745.
34. Иоффе А. Ф. Энергетические основы термоэлектрических батарей на полупроводниках.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950; то же: Иоффе, II, с. 271.
35. Ioffe A. F., Stilbans L. S. Physical Problems of Thermoelectricity.— In: Rept. Prog. Phys., 1959, v. 22, p. 167; то же: Иоффе, II, с. 320.

*) В дальнейшем цитируется как Иоффе, II.

**) В дальнейшем цитируется как Иоффе, I. Страницы к ссылкам в тексте статьи относятся к этому изданию.

36. Ioffe A. F., Regel A. R. Noncrystalline Amorphous and Liquid Electronic Semiconductors.— In: Progr. Semicond., 1959, v. 4, p. 239, то же: Иоффе, II, с. 411.
37. Семенов Н. Н.— Цит. по¹⁵.
38. Жузе В. П., Курчатов Б. В.— ЖЭТФ, 1932, т. 2, с. 309.
39. Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе. 1918—1978 / Под ред. В. М. Тучкевича.— Л.: Наука, 1978.
40. Ленин и Луначарский: Литературное наследство, т. 80.— М.: Наука, 1971.
41. Абрам Федорович Иоффе — В кн. Иоффе А. Ф. Избранные труды.— Л.: Наука, 1974. Т. 1, с. 7—26.
42. Иоффе А. Ф. Фотоэлектрический эффект.— В кн. Новые идеи в физике.— СПб., 1912.— Сб. 4, с. 95.
43. Архив ФТИ им. А. Ф. Иоффе АН СССР, личное дело А. Ф. Иоффе (№ 787), л. 52.
44. Атомное ядро: Сборник докладов 1 Всесоюзной ядерной конференции. Л.; М.: ГТТИ, 1934.
45. Иоффе А. Ф. Полупроводниковые термоэлементы.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956.