



Сперенко

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК.

Настоящий выпуск по решению Бюро отделения физико-математических наук АН СССР составлен и посвящен памяти выдающегося советского физика-теоретика Якова Ильича Френкеля.

РЕДАКЦИЯ

ЯКОВ ИЛЬИЧ ФРЕНКЕЛЬ

И. Е. Тамм

Яков Ильич Френкель был не только крупнейшим физиком-теоретиком, но и поразительным человеком во многих других отношениях.

По своему научному складу, по классификации, предложенной В. Оствальдом в книге «Великие люди», Яков Ильич был типичнейшим представителем ученых «романтиков», которых Оствальд противопоставлял ученым-классикам. По характеристике Оствальда, последние мало взаимодействуют со своими коллегами, сосредоточивают свое внимание на небольшом числе основных проблем науки, но зато своими идеями решающим образом определяют развитие этих проблем.

В Якове же Ильиче со страстным увлечением наукой сочетались необычайная разносторонность, широта интересов и поразительная творческая продуктивность, обилие новых, оригинальных научных идей. Как это и характерно для «романтиков», само обилие новых идей приводило к тому, что не все они оказывались плодотворными и правильными. Но необходимость последующего критического отбора играет совершенно третьестепенную роль по сравнению с тем, что очень многие идеи Якова Ильича привели к качественно новым физическим концепциям и явились исходной точкой для развития целого ряда важных разделов науки.

Я упомяну здесь только три примера, хотя число их можно было бы легко умножить. Идея применения квантовой (или, как говорили в конце двадцатых годов, «волновой») механики к электронной теории металлов принадлежит Я. И., впервые сформулировавшему основные концепции квантовой теории электропроводимости и пути разрешения тех трудностей, с которыми столкнулась в этой области классическая теория.

В теории ядерных реакций Я. И. впервые ввел понятие температуры возбужденного атомного ядра и трактовку его распада как «испарения» элементарных частиц из «нагретого» ядра.

Вопрос о происхождении земного магнетизма столь долгое время находился в безнадежном состоянии, столь велико было число неудачных попыток разрешить эту проблему, что среди ученых вошло в привычку ссылаться на него, как на типичный пример безнадежной научной путаницы.

Я. И. заинтересовался земным магнетизмом с юных лет, еще гимназистом разработал некую новую теорию его происхождения, а в зрелом возрасте, через 30 с лишним лет, ему удалось предложить новую идею — так называемый «принцип динамо», — согласно которой земной магнетизм возбуждается токами, возникающими под влиянием униполярной индукции при вращении жидкого проводящего ядра Земли относительно внешних ее слоев. Уже после смерти Я. И. известный английский ученый Э. Буллард возродил его гипотезу, разработал ее количественно, математически, и в настоящее время есть все основания полагать, что гипотеза Я. И. окончательно разрешила эту сложную проблему*).

Тот прискорбный факт, что новое поколение физиков, как правило, совершенно недостаточно представляет себе значимость вклада Я. И. в современную физику, также связан с «романтическим» складом его научного дарования. Он редко подвергал свои новые идеи детальной, углубленной разработке. Это объяснялось отнюдь не недостаточным владением математической техникой или недостатком математического таланта, а лишь широтой и многосторонностью его научных интересов. Он давал главное — давал новые идеи, создавал новые концепции. Эти идеи и концепции подхватывались другими учеными, которые детально их разрабатывали, подвергали тщательному математическому анализу и в результате доказывали их справедливость (а иногда и опровергали их). Имена этих ученых известны всем специалистам в соответствующей области науки, решающая же роль идей Я. И. (хотя его имя и упоминается в первых работах «основоположников» этих областей) слишком часто оставалась в тени.

Говоря о Я. И. Френкеле, никак нельзя ограничиться одной научной стороной его деятельности. Это был живой, общительный, увлекающийся, необычайно разносторонний человек. Наряду с наукой он находил время и для игры на скрипке, и для живописи (сохранился целый ряд написанных им очень хороших картин и портретов друзей и знакомых); он не только обладал своеобразным обаянием, покорявшим даже мало знакомых с ним людей, но отличался и необыкновенной душевной теплотой и был на редкость добрым человеком, в подлинном, самом лучшем смысле этого слова. Очень хорошо написал об этом А. Ф. Иоффе: «нельзя не вспомнить деятельной помощи Якова Ильича всем, кто к нему обращался или кому он считал нужным помочь. Необычайная доброта, любовь и уважение ко всякому, в ком Яков Ильич мог предположить добрые побуждения и стремления к знанию, были настолько органически присущи светлой личности Якова Ильича, что он часто казался наивным, доверяя даже недостойным доверия. Ему чужда была сама мысль об обмане, так далек был его душевный мир от любой нечестной мысли».

Несмотря на ценность и большой объем научного наследства Я. И. (за 35 лет работы он опубликовал около 300 статей и более 20 книг), я не стану ограничиваться в дальнейшем рассмотрением только его научной деятельности, а попытаюсь по возможности воскресить его облик таким, каким его помнят друзья и товарищи по работе. Эта задача облегчается тем, что сын Якова Ильича Виктор Яковлевич привел в порядок и систематизировал обильное эпистолярное наследство отца, многие сотни сохранившихся в его семье писем, адресованных жене и родителям**). Эти письма, которые я буду в дальнейшем широко цитировать, охватывают период с 1906 примерно по 1941 г. Особенно интересны его письма времен

*) Э. Буллард, Природа, № 12, 80 (1960).

***) В. Я. Френкель и в других отношениях оказал мне неоценимую помощь при написании этой статьи.

начала революции и гражданской войны, письма из длительных заграничных командировок. Из этих писем вырисовывается образ человека, преданного лучшим идеалам революции, прожившего прекрасную жизнь: Яков Ильич был щедро наделен талантом, работал в любимой им области, был счастлив в семье.

* * *

Яков Ильич родился 10 февраля 1894 г. в Ростове-на-Дону. Его отец, Илья Абрамович Френкель, в молодости принимал активное участие в народофильском движении. Эта его деятельность послужила причиной ареста и ссылки в Сибирь, в г. Березов, где он провел около семи лет*). Вернувшись в 1892 г. на родину, И. А. женился на Розалии Абрамовне Баткиной; Я. И. был их старшим сыном.

«В детстве, — пишет Я. И. в своей автобиографии в 1946 г., — я проявлял способности к живописи и музыке; это побудило моих родителей организовать мое обучение игре на скрипке (с 8-летнего возраста) и рисованию (с 12-летнего возраста). Оба этих занятия остались моим излюбленным отдыхом вплоть до настоящего времени».

В 1909 г. семья Френкель переезжает в Петербург; в этом городе (с небольшими перерывами) и протекает вся жизнь Я. И. Приблизительно к тому времени, когда Я. И. учился в 6-м классе гимназии, относится пробуждение интереса к физике и особенно к математике. Этот интерес не только пассивный, но и активный: наряду с чтением специальной литературы Я. И. сам начинает пробовать свои силы в этом направлении и занимается теорией рядов. Работа захватывает Я. И.; если на первых порах его отец всячески поощрял его занятия и стимулировал их присылкой соответствующей литературы, то к 1911 г. возникает обратная тенденция. Я. И. настолько вошел во вкус своих занятий и уделял им так много времени, что это внушает беспокойство и огорчает его родителей. Вместе с тем сам Я. И. очень недоволен темпами своих работ. В июле 1911 г. он пишет отцу:

«... мое сочинение так и не будет закончено. Я буду рад, если напишу первую часть (самую трудную и важную из предполагаемых трех), и я постараюсь во что бы то ни стало справиться с ней до отъезда. Подобная медлительность там, где, казалось бы, ее следовало всего меньше ожидать, объясняется моим неумением, более того, моей неспособностью формулировать и, в особенности, систематизировать полученные результаты. Короче, я не люблю и не умею переписывать набело, а этим как раз и приходится здесь заниматься. И в то же время я чувствую, что пока это не будет сделано, я ничему другому не смогу вполне отдаться, заниматься же серьезно „между прочим“ я не могу».

Сочинение, о котором пишет Я. И., озаглавленное им «Прогрессивное исчисление», было показано им в конце 1911 г. проф. Успенскому, который обнаружил в нем основы исчисления конечных разностей, незадолго до этого разработанного акад. А. А. Марковым.

В 1913 г. Я. И. окончил гимназию с золотой медалью и в том же году поступил на математическое отделение физико-математического факультета Петербургского университета.

Преподавания теоретической физики в те годы в университете практически не велось. Соответствующие курсы (на весьма низком уровне) читал проф. Н. А. Булгаков. Я. И. вспоминал о нем с улыбкой; это был большой путаник и чудак. Приступал он к чтению своих лекций еще находясь в коридоре, входя в аудиторию, продолжал говорить, а слушало его

*) В последние годы жизни, в 1935 г., И. А. Френкель начал писать оставшиеся незаконченными и неопубликованными воспоминания об этом периоде своей жизни: «Путевка в тюрьму и Сибирь».

3—4 студента, которые, чтобы не срывать курса, сговаривались между собой о «дежурстве» на его лекциях. Но Н. А. Булгаков видел выдающиеся способности Я. И. и довольно энергично хлопотал об оставлении его при университете для подготовки к профессорской деятельности.

В октябре 1916 г. Я. И. в 3-годовалый срок оканчивает физико-математический факультет университета (по «математическому разряду»); его дипломная работа посвящена строению атома в свете радиоактивных излучений (впоследствии она была опубликована в виде серии статей на страницах ЖРФХО¹). По представлению профессоров Хвольсона, Булгакова и Рождественского Я. И. был оставлен при Петербургском университете «для приготовления к профессорской и преподавательской деятельности»; он работает там до начала 1918 г.

Теоретической физикой Я. И. занимался, таким образом, самостоятельно. В упоминавшейся автобиографии он пишет:

«...После приобретения, несколько поверхностных, знаний по электронной теории, я разработал (будучи в гимназии, в 1912 г.) новую теорию происхождения земного магнетизма, который я связал с магнитным воздействием, оказываемым Солнцем и являющимся результатом его положительного заряда (связанного с электронной эмиссией), и осевым вращением. Я попытался там же дать теорию атмосферного электричества, которая была, однако, весьма наивной (я обращаю внимание на эти вопросы потому, что они стали предметом моих работ более позднего периода — в 1944—1945 гг., которые привели меня, как мне кажется, к важной идее о том, что земной магнетизм обусловлен наличием жидкого металлического ядра Земли, которое трактуется мною как динамо-машина с самовозбуждением).

Этот свой труд я показал проф. А. Ф. Иоффе в 1912 г., который любезно прочел его, невзирая на большой объем (250 стр.), и доброжелательно и критически прокомментировал; его критику я, однако, в то время решительно отверг. Знакомство с проф. Иоффе привело в дальнейшем к дружбе с ним и сотрудничеству.

Проф. Иоффе, будучи физиком-экспериментатором, не являлся моим учителем, и я продолжал свое самообразование в области теоретической физики без чьего-либо руководства.

Осенью 1916 г. проф. Иоффе организовал в Политехническом институте физический семинар и привлек к участию в нем нескольких молодых людей, интересовавшихся новейшим развитием физики и желавших работать в этой области. Среди них были П. Капица, Н. Семенов, П. Лукирский, Я. Дорфман, покойные М. Киричева и Я. Шмидт и я сам. Интересы А. Ф. Иоффе определяли выбор обсуждавшегося материала, а его стимулирующие дискуссии оказали глубокое влияние на всех молодых участников семинара, включая и меня самого. Результатом этого стимулирующего влияния явилась моя первая серьезная работа — об электрическом двойном слое на поверхности жидких и твердых тел, в которой я впервые развил теорию контактных потенциалов и поверхностного натяжения металлов». (См. работу².)

Я. Г. Дорфман, вспоминая об этом периоде, пишет: «Уже тогда Яков Ильич выделялся своей огромной разносторонней эрудицией. Хочется особо отметить то удивительное добродушие и терпение, которое он проявлял, делясь своими обширными познаниями с младшими участниками семинара. Эта замечательная черта отличала Якова Ильича в течение всей его жизни» *).

Трудно переоценить ту громадную роль, которую сыграли в деле развития физики в нашей стране как сам А. Ф. Иоффе, так и перечисленная Я. И. группа молодежи, организовавшаяся под руководством Иоффе — они были подлинными пионерами современной физики в Советском Союзе. Ведь несмотря на существование отдельных корифеев науки, вроде П. Н. Лебедева, — как преподавание физики, так и исследовательская работа в области физики в целом находились в дореволюционной России на крайне низком уровне. Чтобы стало понятно, почему Я. И. пришлось быть самоучкой, достаточно привести два характерных примера. Когда я учился в 1914/18 гг. в Московском университете, в курсе физики

*) Я. Г. Д о р ф м а н, Вступительная статья ко второму тому «Избранных сочинений» Я. И. Френкеля, М., Изд-во АН СССР, 1958, стр. 4.

проф. Станкевича теория Максвелла вообще не затрагивалась, так как считалось, что по своей сложности эта теория не поддается лекционному изложению *).

Второй пример. А. Ф. Иоффе рассказывал при мне, что когда он, проработав некоторое время в Германии у Рентгена, начал работать в Петербургском университете, профессор физики И. И. Боргман спросил его, какие научные исследования он собирается поставить. Когда А. Ф. Иоффе изложил свои планы, Боргман спросил, кто и где уже проводил такие исследования. Услышав, что этого еще никто нигде не делал, профессор изумился: «Что за самомнение у Вас, молодой человек, — сказал он А. Ф., — нам нечего пытаться искать новое; было бы уже очень хорошо, если бы мы смогли правильно воспроизвести у нас в стране измерения, сделанные за границей!» **). Именно ленинградской школе физиков мы в значительной степени обязаны тем, что в настоящее время такого рода высказывания звучат попросту нелепо.

Интересно, что первая печатная работа Я. И. была опубликована на страницах русского журнала «Автомобиль»³ под названием «Механические условия работы дифференциала». Происхождение этой работы связано с дружбой Я. И. и Н. В. Фаусека, одаренного конструктора, который после революции работал в авиапромышленности. Описание его оригинальных конструкций часто помещалось на страницах журнала «Автомобиль». Очевидно, по его просьбе Я. И. и провел соответствующую работу.

Осень и зиму 1916—1917 гг. Я. И. очень много работает. Он часто выступает на семинарах Иоффе, в университете, на заседаниях Физического о-ва. Наряду с упомянутыми чисто физическими работами того периода^{1,2}, он пишет статью, оставшуюся незаконченной и неопубликованной, под названием «Общий характер жизненных процессов». В этой работе Я. И. пытается определить основное различие между живой и мертвой природой. Это различие Я. И. видит в том, что для тел мертвой природы характерно стремление к состоянию устойчивого равновесия, отклонения от которого, вызванные той или иной причиной, вызывают силу, стремящуюся уменьшить это отклонение и противодействовать силе, это отклонение вызывающей. «Нормальное состояние всякой мертвой системы есть состояние устойчивого равновесия, — пишет Я. И., — в то время как нормальное состояние всякой живой системы, с какой бы точки зрения она ни рассматривалась (механической или химической), есть состояние неустойчивого равновесия, в поддержании которого и заключается жизнь».

Наступает февраль 1917 г. Яков Ильич восторженно встречает свержение царизма. Сохранилось много писем Я. И. к отцу, относящихся к тому времени. Я приведу из них ряд выдержек, очень интересных и как живое свидетельство о той эпохе, когда свершалась революция и творилась история, и как характеристика революционности взглядов Я. И. с первых же дней революции.

«6 марта 1917 г.

Да здравствует свобода и те, которым мы ей обязаны! Это — первая русская свобода, достигнутая третьей русской революцией. Первая революция (1825) была революцией войска без народа, вторая (1905) — революцией народа без войска и, наконец,

*) Правда, она излагалась в специальном курсе «по выбору» доц. А. Бачинского, но я на экзамене по этому предмету получил 5 только за то, что при выводе формул на доске написал знак векторного произведения и знал, каков смысл этого произведения, никаких других вопросов мне вообще не задавалось

**) Об этом эпизоде А. Ф. Иоффе рассказал в своей книге «Встречи с физиками», М., Физматгиз, 1960, стр. 127.

третья — революцией народа-войска и войска-народа, слившихся воедино. Потому и разразилась она с молниеносной быстротой, могучим и дружным дыханием, рассеявшим грозный призрак старой власти. И народ, так долго стонавший под игом этой власти, с невыразимым изумлением увидел, что он боялся призрака, вся сила которого заключалась в его [народа] разьединенности; объединившись, он мощною рукой отстраняет тех жалких и подлых людшек, которые, запугивая его старым призраком, пытаются подчинить его новому, и призраки исчезают во мгле, в которой они копошились, представляя народу собственными силами ковать себе свободу.

... Революция пока еще не успела распространиться на фронте, но как только это совершится, она, я уверен, перебросится на австрийский и германский фронты и вызовет революцию внутри этих стран, которая еще до созыва учредительного собрания положит конец этой войне. Итак, да здравствует свобода и грядущая демократическая республика. И да здравствует и просвещается русский народ!

18 апреля 1917 г. (1-го мая по н. с.)

Дорогой папочка!

Володя тебе подробно описал то, что обыкновенно называлось «первомайскими беспорядками», но что ныне превратилось у нас в праздник порядка, свободы и международной солидарности. Прибавлю лишь несколько слов о своих собственных переживаниях и похождениях.

В 10 час. утра я удрал из дому и отправился на Александринскую площадь — сборный пункт Рождественского района. Долго слушал ораторов. Были хорошие и плохие. Характерно отношение к ним публики. Отдельные возгласы, выражавшие неодобрение, тотчас же подавлялись и недовольному предлагалось сделать свои возражения с трибуны, а не прерывать оратора. Пароль «свобода слова» действовал магически.

Я не выдержал ерунды, которую нес один из ораторов (конечно, «интеллигент»), и в первый раз в жизни выступил в качестве оратора-агитатора. Убеждал публику в том, что не следует смешивать народ с правящими классами, с правительством; что германский народ также мало хотел войны, как и русский, что его обманули, убедив, что «на него напали», что для скорейшего заключения мира необходимо убедить его в отсутствии не только у русского народа, но и у русского правительства завоевательных стремлений; что для этого последнее должно немедленно обратиться к неприятельским и союзным державам с официальной программой мира и т. д.

Сначала кое-кто начал кричать «долой», но его уговорили, а потом стали кричать «правильно». Один офицер, с.-д., рассказывал о том, что на Карпатах в течение уже нескольких месяцев между немцами и русскими не произошло ни одного выстрела; немцы расположились на вершинах, а в 50—100 шагах внизу оказались русские. Немцы при желании могли бы немедленно перестрелять всех русских, «как куропаток». Вместо этого они играли на гармонике и дружески переговаривались с русскими. А когда (после революции) немцы получили приказ о наступлении, они предупредили об этом русских, прося их отойти.

В два часа я пошел в цирк Чинизелли на митинг с.-р.; что я там видел и слышал, — ты уже знаешь из письма Володи. Из цирка Чинизелли я отправился в цирк Модерн, но на Марсовом поле соблазнился видом большой толпы, и пожелал поделиться с ней своими новостями и мыслями, что и сделал после ряда ораторов. Возмутительную речь произнес один студент (универсант, конечно), заявивший, что эту войну ведет германский народ против славян, что нужно разгромить германский народ и т. д. После моей речи (привлекшей, по-видимому, большой интерес публики), меня обступил кружок человек в 20, с которыми я беседовал в течение 1½ часов на текущие политические темы».

Осенью 1917 г. выходит из печати упоминавшаяся уже статья Я. И. о двойном электрическом слое на поверхности твердых и жидких тел (заметьте, что в соответствии с ее значимостью она была включена в число избранных работ Я. И. во втором томе собрания его сочинений. Эта работа получает очень положительную оценку русских физиков, в частности, О. Хвольсона, с которым Я. И. договаривается о сдаче магистерских экзаменов.

На первый из этих экзаменов Я. И. вышел рано утром 26 октября (по старому стилю), но дальше Дворцового моста не был пропущен патрулем революционных матросов. Когда спустя несколько дней Я. И. разъяснил причину своей неявки одному из членов экзаменационной комиссии,

профессор гневно сказал: «Молодой человек, для людей науки не существует никаких революций».

Вот отрывок из письма Я. И. от 14 ноября 1917 г.:

«... Пишу сие в 5 часов утра на парадной лестнице дома № 4, по Мытнинской ул., который своею особою призван охранять от 3-х до 6-ти утра — неизвестно от кого. Послезавтра эти дежурства на парадных лестницах собираются отменить. Однако, я был рад этому случаю, так как воспользовался им для написания целого ряда писем, тогда как днем у меня будет мало времени. Итак, вчера я сдал свой первый магистерский экзамен. Происходило дело на квартире у Хвольсона, который слегка заболел. Туда явились Рождественский и Булгаков.

Вообще этот экзамен — сущая формальность или, если хочешь, как и все экзамены — предлог для занятий. Хотя в смысле приобретения или закрепления знаний эти две недели не пропали для меня даром, однако, жаль утерянного времени! До Рождества остается всего лишь месяц, а мне предстоит сдать еще три экзамена».

12 декабря Я. И. в один присест сдает всю математику — экзамен принимает у него акад. Стеглов — и, таким образом, в рекордно короткий, месячный, срок преодолевает магистерский барьер.

К этому времени окончательно решается (возбужденный Таврическим губернским земством еще в 1916 г.) вопрос об организации университета в Ялте, в помещении бывшего царского (Ливадийского) дворца. Стремясь соединиться со своей семьей, переехавшей в Крым еще в январе 1917 г., Я. И. принимает решение о работе в этом университете в качестве приват-доцента, и в начале 1918 г. выезжает из Петрограда в Крым. К этому времени в стране уже началась гражданская война. Я. И. вместе со своим братом, Владимиром Ильичем, в то время студентом-медиком, и еще одним спутником с трудом добрались до Симферополя, а оттуда, уже пешком, двинулись в Ялту. Где-то в районе Алушты навстречу им выехал разъезд военных. Желая узнать, далеко ли до Алушты, Я. И. начал свой вопрос с обращения — «Товарищи», к которому привык в Петрограде. Это обращение едва не привело к катастрофе: то была группа белогвардейцев. По счастью, инцидент удалось загладить, и Френкели благополучно добрались до Алушты (которая через 2 дня вслед за этим была занята революционными моряками Черноморского флота), а вслед за этим — и до Ялты.

Крымский период жизни Я. И. охватывает три года. Это были тяжелые годы; в течение этих лет Крым сначала был оккупирован немцами, а затем «союзниками». Особенно тяжелым был период хозяйничанья денкинцев и врангелевцев (июнь 1919 — ноябрь 1920 г.).

Крымский университет был открыт в мае 1918 г. в Ялте, но с осени того же года был переведен в Симферополь. Условия работы в нем хорошо характеризуются решением Совета университета от октября 1920 г., в котором указывалось, что «сотрудники университета доведены до такой крайней степени нищеты, при которой начинается вымирание определенной общественной группы» *).

Состав преподавателей университета был в основном реакционным. Но там работали также достойные и талантливые люди, впоследствии ставшие широко известными. С рядом из них Я. И. подружился, причем эта дружба не оборвалась и в последующие годы. Это, прежде всего, относится к Николаю Митрофановичу Крылову, заведывавшему в университете «математической лабораторией». Я. И. называл его Главкоматом. На кафедре у Н. М. Крылова собралось много талантливых людей. Среди них был, в частности, Михаил Львович Франк (отец И. М. и Г. М. Франков, впоследствии профессор Политехнического института в Ленинграде), Н. С. Кошляков, Л. А. Вишневецкий. Несколько позже на той же кафедре

*) См. «Историю Крымского пединститута» Ф. С. Загородских и др., Крымиздат, 1960, стр. 8.

начал работать Владимир Иванович Смирнов. В конце 1919 г. в Симферополь приехал я и в качестве ассистента начал работать в физической лаборатории. К этому же времени относится и мое первое знакомство с Я. И., которое к концу двадцатых годов переросло в крепкую дружбу.

Яков Ильич сближается также с биологами, работавшими в Симферополе, куда вскоре переезжает университет и, прежде всего, с Александром Гавриловичем Гурвичем. Беседы с ним, а также с проф. С. И. Метальниковым, впоследствии уехавшим во Францию, оказали существенное влияние на Я. И., укрепив в нем интерес к биологии. Как известно, впоследствии Я. И. неоднократно обращался к этой области знаний и опубликовал ряд работ по биофизике — одну из них (в 1943 г.) — совместно с А. Г. Гурвичем⁴ (в те годы в Казани, во время эвакуации, Я. И. написал чрезвычайно удачный его портрет). На семинаре у Гурвича в 1920 г. Я. И. прочел доклад на тему: «Противоположность жизненных и безжизненных процессов», явившийся развитием упоминавшейся работы 1916 г.

Что касается кафедры физики, на которой работал сам Я. И., то состав ее был крайне немногочисленным и поначалу исчерпывался киевским профессором Л. И. Кордышем и самим Я. И. Позднее, в 1926-г., на кафедру был зачислен ряд ассистентов; для них Я. И. прочел курс по теории кристаллов, явившийся первым приближением к книге, которую он издал тремя годами позже, уже в Петрограде.

С осени 1918 г. Я. И. приступает к чтению курса общей физики для студентов I и II курсов; его слушателями были в основном медики. Эти лекции издавались в виде отдельных брошюр. В письме от февраля 1919 г. Я. И. пишет родителям в Ялту:

«... Наш университет удивительно быстро превратился в обычную облезлую храмину с ее обычными жрецами — хранителями старины. Он словно родился, покрытый пылью и плесенью минувшего. Ни одной живой струи, ни одного нововведения — все по-старому! Невольно приходит в голову сравнение со старой шарманкой! Впрочем, гнет рутины тяготеет не только над университетом, но и над всеми учреждениями, прозябающими на «благодатном» юге России. Печатание моих лекций временно приостановлено, за отсутствием денег у студенческой издательской комиссии. Таким образом, мне не приходится торопиться с писанием своего курса. Николай Митрофанович (Крылов.—И. Т.) советует мне взяться за диссертацию, и я, пожалуй, последую его совету».

В другом письме того же времени читаем:

«... Хочется позаняться как следует. К сожалению, научные журналы безнадежно застряли в Харькове. Таким образом, по своей специальности мне нечего читать, кроме лекций, — по их некому слушать. Впрочем, это относится лишь к второкурсникам... У нас начинает понемногу налаживаться физический кабинет, а в скором времени мы сможем устроить и механическую мастерскую».

Работы по организации физического кабинета проводил, в основном, брат Я. И. — Сергей Ильич, которому в то время было 19 лет и который, будучи студентом университета, одновременно исполнял обязанности ассистента кафедры физики. Это был, по рассказам Я. И., исключительно одаренный юноша. Он трагически погиб в начале 1920 г.

В апреле 1919 г. «союзники» были изгнаны из Крыма, и в Симферополе установилась советская власть. Я. И., продолжая свою преподавательскую деятельность, заведует в Крымском Комиссариате народного просвещения отделом высших школ. В очерке, посвященном истории Крымского педагогического института^{*)}, читаем:

«Среди профессорско-преподавательского состава университета были и активные борцы с интервентами и белогвардейцами. Так, например, приват-доцент Я. И. Френкель (впоследствии член-корреспондент АН СССР) был привлечен денкишцами к ответ-

*) Стр. 9; см. сноску на стр. 403.

ственности за то, что в составленной им в период кратковременного существования Советской власти в Крыму в апреле—июне 1919 г. брошюре призывал к борьбе с белогвардейскими бандами».

Непосредственно после захвата Симферополя деникинцами Яков Ильич был заключен в тюрьму. Сохранилось его письмо к матери, написанное оттуда в тонах, которые могли бы успокоить его близких:

«... Я довольно много занимаюсь чтением Друде и Граве. Начал писать свою статью; теперь выжидаю получения своих лекций, которых мне до сих пор не передали. Поигрываю в шахматы собственного изготовления с Рабиновичем и Красноперовым (заключенными в ту же камеру, что и Я. И. — *И. Т.*). Это занятие в стенах тюрьмы воспрещается, и позавчера вечером помощник начальника, в пьяном виде ревизовавший камеру, отобрал у нас «доску», вместо которой мы сделали другую. Беседуем, по обыкновению, на политические и личные темы. Итак, повторяю, мне совершенно не скучно. От тоски же меня избавляет оптимизм и философское настроение, о чем я уже писал. Если не предаваться мыслям о том, что было бы, если бы и т. д., чего я стараюсь не делать, то можно жить припеваючи, как в санатории. Вся разница в том, что в санатории бывают комнаты, которые закрываются изнутри, а в тюрьме — камеры, закрывающиеся снаружи».

Энергичные хлопоты друзей Я. И. по университету завершились тем, что спустя два месяца он был выдан на поруки группе преподавателей, но от работы в университете был на полгода отстранен.

Покойный Торичан Павлович Кравец, бывший в то время профессором Харьковского университета, рассказывал, что к нему через ректорат была переправлена бумага, в которой некий деятель деникинской контрразведки запрашивал, действительно ли «большевистский агитатор» Я. И. Френкель является физиком, за которого он себя выдает. В ответ на этот запрос Т. П. написал, что перу Я. И. Френкеля принадлежит, по его мнению, одна из наиболее выдающихся работ, опубликованных в течение последних лет в Журнале Русского физико-химического общества (имелась в виду работа о двойном слое). Об этом эпизоде Т. П. вспомнил незадолго до войны, когда он, Я. И. и несколько физиков возвращались с одного из заседаний конференции, посвященных природе скрытого фотографического изображения. Доклад Т. П. вызвал возражения Я. И., и Т. П. шуточно сказал: «А знаете ли, Я. И., я был в свое время гораздо менее суровым критиком ваших работ», и тут Т. П. и рассказал о своем отзыве.

Вскоре после возвращения к работе в университете Советом физико-математического факультета Я. И. был представлен к утверждению в звании доцента. Вот что по этому поводу писал Я. И. своим родителям:

«Симферополь, 6 мая 1920 г.

Дорогие мои!

Сегодня вечером в заседании совета меня «прокатили на вороных», — т. е. проваляли 23-мя голосами против 16-ти. Очевидно, мои враги вели столь же усиленную агитацию, как и мои друзья. В качестве формального основания против моего избрания было выдвинуто отсутствие трехлетнего стажа (который, однако, не потребовался для избрания Вишневого и Коплякова). Этот стаж должен закончиться лишь осенью. Несмотря на прочувствованную и даже, по-видимому, патетическую речь, произнесенную Николаем Митрофановичем (Крыловым. — *И. Т.*), который был поддержан Вишневым и Бунге, наши мракобесы, не возражая по существу, а лишь ссылаясь на отсутствие упомянутого стажа и на мою обеспеченность в смысле чтения обязательного курса и вытекающих отсюда прав и преимуществ, а также памятуя о моих прошлых злодеяниях*), — весьма единодушно меня забаллотировали.

Я боюсь, дорогие, что вы будете этим гораздо более огорчены, нежели я. Уверю вас, что меня лично этот результат очень мало тревожит.

*) То есть деятельности Я. И. в Комиссариате просвещения (*И. Т.*).

К тому же избранием в Совете университета вопрос еще не был бы исчерпан; окончательное утверждение производится в Севастополе «начальником народного просвещения». Весьма возможно, что в этой высшей инстанции меня не только не утвердили бы в доцентуре, но предложили бы даже отказаться от приват-доцентуры».

А вот еще один отрывок из письма 8 мая 1920 г.:

«... Все мои друзья страшно возмущены и, кажется, значительно больше меня огорчены моим провалом, видя в нем явное доказательство nepозволительного преобладания чисто личных и политических соображений над академическими. Между прочим, Николай Митрофанович рассказывает, что после выяснения результата баллотировки, Гельвиг *) сказал ему и Николаю Ивановичу (Кузнецову, профессору ботаники. — И. Т.): «Я так боялся этого результата!» — сказал, не моргнув, хотя не только сам положил мне черняка, но употребил перед выборами самые nepозволительные приемы агитации против меня. Так, например, в лектории по его распоряжению в течение двух недель лежала вместе с моим представлением, curriculum vitae и работами, — бумага Малинина (?) о моем отстранении «за призыв к борьбе с белогвардейскими штыками», — и притом на самом видном месте».

В конце ноября 1920 г., после разгрома Врангеля, в Крыму устанавливается советская власть. Последние недели перед освобождением Симферополя Я. И., которого своевременно предупредили о намечавшемся его аресте, скрывался у друзей. Сразу же после восстановления советской власти Я. И. приступает к исполнению обязанностей заведующего отделом высшего и профессионально-технического образования Крымского Наркомпроса. Он пишет матери 8 декабря 1920 г.:

«В отделе Народного образования я бываю от 10—11 до 4-х; впрочем, три раза в неделю выкраиваю пару часов с лишним на лекции. Если бы не масса мелких дел (о приеме опоздавших студентов, выдаче охранных грамот, пропусков и т. д.), то я был бы доволен своей работой. Я уже провел и продолжаю проводить предварительные реформы университетской жизни и, насколько мне известно, мои коллеги не только не в претензии на меня, но, наоборот, были бы огорчены моим уходом. Что касается сущности реформ, то они пока что сводятся к следующему. Во-первых, несколько реорганизованы факультеты и Совет университета (уравнены в правах все преподаватели, самостоятельно ведущие занятия со студентами, и допущены представители от остальных преподавателей и студентов — по одному от каждого курса, каждого факультета или отделения). Засим, преобразованы, весьма, впрочем, незначительно покамест, — гуманитарные факультеты, причем образован факультет общественных наук, с отделениями юридическим, экономическим и историческим. Далее, вводится учебная повинность и в связи с ней — для контроля и помощи студентам — репетиционная система (т. е. специальные занятия с небольшими группами по каждому предмету, причем репетициями могут быть наиболее успевающие студенты старших курсов). Наконец, насколько возможно осуществляется социальное обеспечение студенчества, т. е. покамест организация столовой и выдача хлеба. Дезорганизованность студенчества очень тормозит осуществление этих мероприятий, и я, созвав общее собрание студентов (на котором, между прочим, осветил все вопросы, связанные с реформой университета), предложил им организовать заново, на новых, более деловых началах.

Помимо этого, принимаю меры к открытию с января месяца рабочего факультета при университете, предназначенного исключительно для рабочих, разумеется, получивших так или иначе достаточное образование **). Заметки обо всем этом ты можешь найти в номерах газеты, при сем высылаемой.

Помимо университета, я заведую также профессионально-техническим образованием, на которое, впрочем, пока что мне не приходится тратить слишком много времени».

В конце декабря 1920 г. Яков Ильич женится на Сарре Исааковне Гординой, в то время студентке биологического факультета университета. Очень умная, чуткая и отзывчивая женщина, Сарра Исааковна сыграла большую и благотворную роль в жизни Я. И.; их горячая взаимная любовь и настоящая дружба не увядала до конца их дней.

*) Проф. Гельвиг был в то время ректором университета (И. Т.).

**.) Создание рабочего факультета в Крымском университете проводилось по инициативе Якова Ильича. Я не знаю, были ли в это время созданы факультеты такого же типа в Петрограде и Москве, но Я. И. о них ничего не было известно (И. Т.).

В начале 1921 г. по вызову А. Ф. Иоффе Я. И. с женой уезжают из Крыма и направляются в Петроград (еще в декабре 1918 г. Я. И. был избран действительным членом вновь организованного Рентгеновского института, президентом которого был А. Ф. Иоффе). Сразу же по приезде Я. И. избирается также преподавателем Политехнического института, где начинает читать курс лекций по электродинамике и некоторое время ведет практические занятия по математике.

В начале марта 1921 г. Я. И. встречается с М. Горьким и просит его содействия в улучшении тяжелых материальных условий, в которых находились преподаватели и студенты Крымского университета. Это содействие в то время оказать не удалось, так как из-за топливного кризиса и вытекавших отсюда транспортных затруднений сообщение с Крымом было прервано.

В Петрограде Я. И. с головой уходит в работу. Менее чем за пять лет он издает пять книг. В предисловии к первой из них («Строение материи», вышла в 1922—1924 гг. в трех частях) А. Ф. Иоффе писал: «Книга Я. И. Френкеля представляет ценный вклад не только в общую физическую литературу. Нигде еще вся современная литература вопроса о строении материи не подвергалась с такой полнотой теоретическому анализу».

В 1923 г. Я. И. издает «Теорию относительности», написанную на основе лекций, прочитанных им в летнем семестре 1922 г. на физико-механическом факультете Политехнического института. Это было, как отмечает сам Я. И., первое (на русском языке) «непопулярное руководство» по предлагаемому предмету.

В 1924 г. выходит его монография «Электронная теория твердых тел», написанная по предложению А. Ф. Иоффе. В книге частично нашли свое отражение представления Я. И. о тепловом движении в твердых телах, легшие в основу его более поздних оригинальных работ.

В течение 1925 г. выходят две книги Я. И.: «Электричество и материя», представлявшая собой популярную переработку «Строения материи», и «Курс векторного и тензорного анализа с приложениями к механике», на основе читанных Я. И. лекций. Наряду с этими опубликованными книгами Яков Ильич весной 1924 г. заканчивает «Электродинамику», которую Госиздат в то время отклонил, поскольку эта книга, по мнению директора издательства, не могла рассчитывать на широкий круг читателей.

Вместе с тем Я. И. публикует в течение этого времени в *ЖРФХО* и *Zeitschrift für Physik* более полутора десятка оригинальных работ. Эти работы — по теории электропроводности металлов, по теории явлений конденсации и адсорбции, по электронной теории твердых тел выдвинули Я. И. в число ведущих физиков Советского Союза и сделали его имя известным далеко за пределами нашей страны.

В сентябре 1924 г. Я. И. выступает с пятью докладами на съезде физиков в Ленинграде. На этом съезде присутствовал П. С. Эренфест, высоко оценивший работы Я. И. Яков Ильич пишет отцу (19 сентября 1924 г.):

«... Я имел на съезде большой успех и вообще вознесен на высоту, которой считал бы себя безусловно недостойным, если б не известная поговорка, что «на безрыбье и рак — рыба». (Я. И. приводит несколько иной вариант этой поговорки. — *И. Т.*). А между тем, съезд выявил необыкновенное «беспитие» СССР по части теоретической физики. В результате я и оказался «соловьем». Впрочем, этому способствовал в высокой степени Эренфест, который всячески старается меня выдвинуть. Говорил со мной третьего дня о заграничной поездке, причем оказалось, что условие насчет оставления семьи в России или другом месте, о котором мне сообщал как об условии рокфеллеровской комиссии А. Ф. (Иоффе. — *И. Т.*), исходило от него. «Можете, — говорил он мне, — все деньги отсылать семье и жить на одном черном хлебе — дело ваше; но вы должны прожить эти шесть месяцев без семьи, чтобы как следует использовать это время». — Я мог бы, по словам Эренфеста, отлично устроиться за границей и без его содействия, но свое содействие он готов оказать лишь при вышеозначенном условии. И я полагаю, что он прав».

В следующем своем письме к отцу Я. И. дает поразительно яркую и меткую характеристику П. С. Эренфесту, прекрасно воскрешающую его обаятельный образ:

«... Надо тебе сказать, что Эренфест покори́л сердца всей нашей молодежи, а может быть, и стариков. Это человек, соединивший в себе простоту и непосредственность ребенка с необыкновенной любовью к людям, неиссякаемым остроумием и умом большого и тонкого исследователя. Его устами неодушевленные предметы — молекулы, атомы и электроны — разговаривают друг с другом на довольно таки ломаном в смысле окончаний, падежей и родов, но, вместе с тем, — очень тонком русском языке, любят и ненавидят и вообще оживают, превращаясь в микроскопических обитателей одушевленной вселенной. Для Эренфеста, или точнее, у Эренфеста, физика является не столько точной наукой, сколько художественной драмой или комедией из жизни атомов и электронов. Можешь видеть из предыдущей характеристики, в какой мере я нахожусь под обаянием личности Эренфеста. Не знаю, находится ли это обаяние в какой-либо связи с его хорошим ко мне отношением; думаю, однако, что эгоистические мотивы здесь непричем, ибо не только я, но все не могут смотреть и в особенности слушать Эренфеста без улыбки удовольствия, являющейся отражением пышущего из него юмора и добродушия».

Желая порадовать своими успехами мать, Я. И. пишет ей в конце сентября 1924 г.:

«В заключение нашей беседы Эренфест сказал следующее: «Не знаю, учились ли вы чему-нибудь от меня, но, во всяком случае, я очень много учился от вас».

Столь высокая научная активность Я. И. объясняется (не говоря о природных способностях) прежде всего той обстановкой, в которой он работал. В Рентгеновском институте собрался исключительно дружный и талантливый коллектив. Его ядро составляли П. Л. Капица, Н. Н. Семёнов, П. И. Лукирский, Ю. Б. Харитон, Я. Г. Дорфман, В. Н. Кондратьев, Г. А. Гринберг и многие другие — прямые или косвенные ученики А. Ф. Иоффе. Кроме этого, в те годы превращалась в кинетическую, творческую энергию та потенциальная энергия в виде знаний и накопленного педагогического опыта, которая «аккумулятировалась» Я. И. в течение трехгодового пребывания в Крыму.

Казалось бы, такая колоссальная работа могла быть выполнена ученым-аскетом, замкнувшимся в своем кабинете и не знающим никаких других интересов, кроме научных. Но Я. И. в тот период не оставляет своих занятий музыкой и живописью, является непререкаемым участником веселых вечеров, периодически устраиваемых сотрудниками Рентгеновского института. Вообще, трудно себе представить более живого и общительного человека, чем Яков Ильич.

В 1925 г., по представлению П. Эренфеста, Я. И. получает стипендию из рокфеллеровского фонда, выдававшуюся наиболее способным молодым ученым, и осенью уезжает в годичную командировку в Германию. Вместе с ним едут его жена и старший сын, поселившиеся в Ницце, куда Я. И. наезжает из Гамбурга и Геттингена. Год, проведенный Я. И. в Германии, совпал с периодом становления квантовой механики; Я. И. имел возможность познакомиться и сотрудничал с рядом ее основателей, в первую очередь с В. Паули и М. Борном. Он жил в Геттингене в то идиллическое время, о котором сейчас много пишут и называют «геттингенским периодом» развития физики. Пребывание за границей и возможность такого общения оказали большое влияние на дальнейшие работы Я. И.

Как обстановка, в которой работал Я. И. за границей, так и характер его собственной деятельности лучше всего иллюстрируются приведенными ниже выдержками из его многочисленных писем к родителям (переписка его с женой не сохранилась).

«Берлин, 20 ноября 1925 г.

Сегодня от 12 до 2 я был у Эйнштейна. Я поднимался по лестнице в доме, где живет Эйнштейн, с некоторым волнением. Впрочем, это волнение тотчас же исчезло, как только я увидел «самого». Он оказался необыкновенно милым человеком (соединяющим в себе мягкость Абрама Федоровича с прямою и искренностью Эренфеста). Говорил я с ним исключительно о физике, преимущественно излагая свои собственные соображения. Соображения эти он весьма одобрил, в особенности относящиеся к моей теории металлов (которая будет докладываться в семинарии здешнего университета в среду вечером). Затрагивали в беседе и другие вопросы, связанные с теорией квантов, причем Эйнштейн резюмировал свое отношение к последней следующим образом: положение отчаянное, ничего понять невозможно!

Свидание происходило в рабочем кабинете Эйнштейна; последний имел довольно пролетарский вид в вязаном жилете без пиджака, довольно таки потертых брюках и сандалиях, которые столь распространены у нас в Ленинграде.

Берлин, 26 ноября

Если бы не случайный отъезд Эйнштейна в Лейден, я бы, наверное, остался еще месяц и работал у него (не по теории относительности). Моя беседа с Эйнштейном привела к тому результату, что он выразил если не желание, то согласие взять меня под свое покровительство.

Позавчера на коллоквиуме в университете в присутствии Эйнштейна, Планка, Нернста, Лауэ и других корифеев (в том числе и Абрама Федоровича), докладывалась, между прочим, моя теория электропроводности металлов; при этом докладчик Беккер расходился со мной в одном весьма существенном вопросе, Эйнштейн же выступил с весьма энергичной отповедью ему и заявил, что «считает мои соображения совершенно правильными, а результаты весьма замечательными». Я должен сказать без ложной скромности, что отнюдь не ожидал столь высокой оценки работы, которая представлялась мне очень небольшой как в качественном, так и в количественном отношении. На коллоквиуме были прения, причем вопросы задавал сам Herr Geheimrat Nernst (которого я, к ужасу присутствующих, позволил себе именовать профессором); я давал объяснения на немецком языке, который, по мнению Абрама Федоровича, вряд ли многим был доступен. Постараюсь овладеть немецкой словесностью возможно скорее.

Гамбург, 2 декабря

... Эти дни я довольно много занимаюсь, стараюсь не столько расширить, сколько углубить свои знания. Каждый день, примерно с 11 или 12 до 5 провожу в библиотеке Физического института. Обычно вечером часов с 7—8 я сижу дома и засиживаюсь до поздней ночи — часов до 2-х. Эту скверную привычку решил с сего числа оставить, так как в результате встаю в 10 и не чувствую достаточной бодрости. Причиной почных бдений служила отчасти статья, которую я писал предыдущие 3 вечера и наконец вчера окончил. Эта статья относится к работе о вязкости жидкостей, которая была мною сделана еще в прошлом году, но до сих пор оставалась неопубликованной. В ближайшем будущем я, по просьбе проф. Штерна расскажу эту работу в здешнем семинаре по теоретической физике.

Гамбург, 24 января

Спасибо Вам за письма, полученные мною вчера и сегодня утром. Прочитал их с удовольствием. В частности, не без удовольствия принял к сведению известие о своем утверждении в профессорском чине. Вчера начал писать начисто свою новую статью (№ 2), которая представляется мне интересной*). Соответствующую работу я только на днях довел до благополучного конца. Мое пребывание в Гамбурге, т. е. научное общение с Паули и отчасти Штерном и усиленные занятия начинают сказываться в быстром подъеме моих знаний и расширении горизонтов.

... Я совершенно погрузился в физику и, как уже сообщал Вам, отвлекаюсь от нее только для письменных сообщений и музыки. Должен, впрочем, сознаться, что столь схимнический образ жизни обуславливается не только жаждой знаний, но и отчасти недостатком финансовых ресурсов.

... Ограниченность моих средств ни в коей мере не препятствует моим занятиям; наоборот, она является весьма благоприятствующим фактором, так как ничто меня не отвлекает от работы. Единственно о чем я жалею, — это о невозможности при означенных условиях ближе познакомиться со своими товарищами по науке. Все они — Штерн, Паули, Венцель, Минковский — холостяки (очень славные пары) и встречаются друг с другом, помимо института, лишь в ресторанах, кафе, кино и тому подобных местах, которые я не посещаю.

*) Речь идет о работе ⁵ И. Т.).

Гамбург, 14 марта

У меня со вчерашнего дня гость — Ю. А. Крутков, которого мои хозяева устроили в смежной с моею комнате. Я чрезвычайно рад его приезду: мы с ним весьма приятно и полезно проводим время. Вчера до позднего вечера занимались чтением, комментированием и отчасти дальнейшим развитием новой статьи Гейзенберга о квантовой механике. Сегодня с утра отправились по случаю воскресенья и хорошей погоды с визитом к Гагенбеку. Пообедали в ресторане, как и полагается солидным профессорам — и снова принялись за физику, каковой успешно занимались до сего момента, т. е. до 11 часов. Крутков чрезвычайно милый и хороший парень; за одни сутки нашего совместного пребывания в Гамбурге я узнал его лучше, чем за пять лет совместной жизни в Ленинграде. С середины апреля и до начала августа мы во всяком случае будем работать с ним в Геттингене: мы оба страдаем лещой, а «коллективизм» является в этом случае лучшим противоядием. Кроме того, совместное обсуждение ряда вопросов является часто совершенно необходимым дополнением их самостоятельного обдумывания.

Гамбург, 22 марта

... вчера разрешил некую «тайну природы» (как любит выражаться мой родитель), именно, вопрос о так называемом «пределе упругости» твердых тел. Этим вопросом очень интересовался Абрам Федорович, исследовавший его экспериментально и добывший 500 рублей в НТО для оплаты моих теоретических исследований. Но тогда, 2 года тому назад, у меня ничего не вышло и я, взяв 100 рублей, от остальных отказался. Ныне же, т. е. в ночь на сегодня, после разговора с одним физиком, также работавшим экспериментально по этому вопросу, я его, по-видимому, решил*). Впрочем, не по-видимому, а несомненно. Я уже имел по этому поводу разговор со Штерном, который нашел мои соображения вполне правильными (но испугался большого количества формул).

Гамбург, 25 марта

За последние полторы недели я сделал две работы; об одной из них я уже сообщал вам, вторая лишь вчера была мною (с помощью Паули) более или менее закончена. Благодаря хорошей погоде, хорошим работам и хорошим взаимоотношениям, установившимся у меня с Паули и другими коллегами, я покидаю Гамбург с чувством некоторого сожаления. Будет ли мне лучше в Геттингене? — Посмотрим.

Ницца, 17 апреля

Отъезд мой из Ниццы намечен на двадцатое. В Париже предполагаю повидаться с Ланжевенем и побеседовать с ним по поводу одной из своих последних работ более подробно, чем я это сделал в последний раз. Я как раз сегодня получил корректуру предварительного сообщения об этой работе, а третьего дня обнаружил, что излагаемая в ней теория, вопреки мнению Паули и моему первоначальному представлению, не исчерпывает соответствующего вопроса.

В прошлый раз я видел Ланжевена очень недолго. Он как раз вернулся из небольшого турне по Франции, посвященного пацифистской пропаганде. Он необычайно милый человек и один из самых просвещенных представителей современной французской интеллигенции.

Геттинген, 1 мая

Я по-прежнему в полном восторге от Геттингена. Мне давно не приходилось жить в маленьком городке и контраст с большими городами выступает в очень привлекательном свете. Помимо этого, у Геттингена очаровательные окрестности. Полчаса ходьбы, а то и меньше, и вы уже вне города, на холмах, поросших липами и другими деревьями, наполняющими воздух упоительным ароматом весеннего цветения. С холмов, на которых возвышаются неизбежные Bismarckturm или Bismarckstein, открывается чудесный вид на город, утопающий в зелени (кроме небольшой центральной части). В самом городе — ни трамваев, ни автомобилей (почти), одни велосипедисты, да прохожие, наполовину, по крайней мере, студенты в пестрых шапочках различных корпораций и бюргершафтов.

Геттинген, 4 мая

Сегодня, наконец, познакомился с Борном. Он мне чрезвычайно понравился. Ему 40 с лишним лет, но выглядит он совсем молодым. Небольшого роста, худощавый,

*) См. работу⁶. (И. Т.).

бритый, с седеющими волосами и голубыми глазами. Одним словом, патрон мне нравится так же, как и Геттинген.

Геттинген, 9 мая

Борн и его жена, по-видимому, очень музыкальны, ибо в громадной комнате, являющейся кабинетом Борна и вместе с тем гостиной, стоят примкнутые друг к другу два рояля.

В Геттингене имеется несколько американцев, жаждущих приобщиться к свету новых истин, излучаемому Борном. К сожалению, они излучаются им с такой поспешностью, которая делает их неуловимыми для большинства аудитории. И хотя эта аудитория, состоящая преимущественно из немецких студентов, усиленно топает ногами в знак своего одобрения к лектору (подобное «топотанье» заменяет в Германии рукоплескания), однако она все же редеет.

Геттинген, 15 мая

Жизнь моя течет ровно, разнообразясь небольшими, преимущественно велосипедными, прогулками и аккуратным посещением кино (два раза в неделю). Научные занятия идут недурно, хотя ничего нового я покамест не придумал.

Вчера в теоретическом семинаре, руководимом Борном и знаменитым математиком Гильбертом, сделал небольшой доклад об одной из своих гамбургских работ. При этом обнаружилось, что я могу, в случае необходимости, говорить по-немецки без заминки, правда, с произношением, сильно отличающимся от общепринятого, а также с систематическим искажением родов. В последнем обстоятельстве считаю себя неповинным и возлагаю ответственность за неразумное присвоение мужского и женского пола неодушевленным предметам на самих немцев.

Геттинген, 30 мая

Последнее время я довольно много возжусь со своей электродинамикой*), дабы прикончить ее в начале или, самое позднее, в середине июля. Что касается новых идей, то таковые начинают понемногу оформляться. Я занимаюсь обдумыванием новых вопросов преимущественно во время вечерних прогулок, которые последней неделе, можно сказать, вошли в мое расписание. В 11 часов вечера улицы Геттингена почти пусты и прогуливаться по ним — одно удовольствие. В особенности хорош вал, окружающий центральную часть города — когда-то крепостная стена, ныне же высокая аллея, густо обсаженная красивыми ветвистыми деревьями. Ну, вот, прогуливаясь в одиночестве по этому валу, а также и прочим геттингенским «путям сообщения», я размышляю о квантах, о теории относительности и соединении этих двух покамест еще раздельных областей воедино. Мне кажется, что я на правильном пути, и я не теряю надежды достигнуть цели. Впрочем, об этом писать покамест еще преждевременно...

... В Геттинген в недалеком будущем приезжает Бурсиан, а засим Лукирский и Семенов с женой. Одним словом, предстоит российская или, вернее, рентгеновская оккупация этого исконно немецкого городка. Кроме того, в середине июня собирается приехать Эрэнфест со свитой своих сотрудников и в том числе с цейлонским попугаем, обученным им произносить следующую фразу: «Aber, meine Herren, dass ist keine Physik». Этого попугая Эрэнфест выдвигает в председатели на предстоящих дискуссиях о новой квантовой механике.

Геттинген, 29 июня

Наконец-то я могу сказать, что книга моя закончена. Остаются пустяки, не идущие в счет. Могу с полным правом гордиться своей работой. Во-первых, так сказать, количественно. К тем 150 страницам, которые были мною написаны еще в Гамбурге, я здесь за полтора месяца прибавил еще 400, из них 300 за последний месяц. Что касается качественной, то я надеюсь, что книга моя имеет большие достоинства и маленькие недостатки. А это все, чего можно желать. Сегодня я свою рукопись снес Борну и изло-

*) В конце 1925 г. берлинское научное издательство Шпрингера приняло к изданию курс «Электродинамики», написанный Я. И. в 1924 г. Печатать этот курс, как уже упоминалось, Госиздат не согласился. Над переводом и переработкой этой книги Я. И. очень интенсивно работал в Гамбурге и в особенности в Геттингене. Впоследствии эта книга вместе со второй ее частью, написанной позднее, была издана как на немецком, так и на русском языках и стала одной из основных монографий по современной теории электричества в мировой литературе. Достаточно сказать, что она была принята в качестве стандартного руководства в ряде европейских и североамериканских университетов (И. Т.).

жил ему в весьма дружественной и продолжительной беседе сначала причины, поощрявшие мою литературную деятельность, а затем и содержание самой книги. Он еще хочет сам ее просмотреть. Завтра я получу от него отзыв-письмо для Шпрингера, а послезавтра двинусь в Берлин на пару дней для закрепления завоеванных позиций.

Между прочим, Борн сейчас занят разработкой чрезвычайно интересной и остроумной теории, которая бросает свет на множество оставшихся доселе совершенно непонятными вопросов. И если бы вы знали, как он просто и скромно говорит о том, что делает. Мне он очень нравится не только как физик, но и как человек.

Берлин, 2 июля

Шпрингер принял меня весьма любезно и, пробежав письмо Борна, тотчас же завладел рукописью. А в письме Борна значилось следующее: «Ознакомившись с книгой проф. Френкеля, я нахожу, что это очень хорошая и оригинальная работа, которая к тому же появляется весьма своевременно, так как сколько-нибудь заслуживающих внимания руководств по электродинамике, кроме устаревшей книги Абрагама, в настоящее время нет. Я уверен, что труд проф. Френкеля получит весьма широкое распространение. Я сам могу по нему еще многому поучиться...». Книга моя сдается в печать немедленно, и в октябре, т. е. еще до отъезда домой, уже выйдет в свет. Очень приятно!

Геттинген, 22 июля

Начали прибывать в весьма большом количестве корректурные листы моей книги. Я их тотчас же просматриваю и для дальнейшей шлифовки передаю Круткову и Бурсиау.

Сегодня вечером был в концерте новой музыки вместе с Эренфестом и Борном. Завтра собираюсь проиграть с Наташей Семеновою вторую сонату Грига.

Менее чем через год по возвращении из Германии Я. И. принимает участие в конгрессе, посвященном памяти Вольты, собравшемся в Комо (Италия). На этом конгрессе он выступает с докладом, в котором впервые формулирует основные положения квантовой теории электропроводности. Я. И. указал, что аномально большой пробег электронов проводимости в металлах (по сравнению с постоянной решеткой) находит свое объяснение в волновой природе электрона. Идеально правильная кристаллическая решетка оказывается прозрачной для электронных волн, которые рассеиваются только на неоднородностях решетки (в том числе неоднородностях, обусловленных ее тепловыми колебаниями). Эти положения легли в основу современной теории электропроводности, в дальнейшем развитой Ф. Блохом и др. Содержание своего доклада Я. И. излагает Эйнштейну в Берлине, проездом в Италию. В Италии Я. И. знакомится с Зоммерфельдом. Он пишет жене 26 сентября 1927 г. из Неаполя:

«... Ехал я в Неаполь с Зоммерфельдом. Мы с ним по дороге немало разговаривали, разумеется, о физике. Он уже человек не молодой (58 лет); держится очень просто и mildly. Жаль, что лет 10 тому назад я не мог попасть к нему в ученики. Почти все наиболее талантливые теоретики (в Германии, отчасти, и в других странах) являются его учениками».

В течение 1927—1929 гг. Я. И. публикует более 20 работ, в основном посвященных теории металлов. Одновременно с этим, Я. И. заканчивает второй том «Электродинамики», и публикует «Введение в волновую механику» — один из первых учебников, посвященных этой, только что возникшей, науке. Обе эти книги были написаны на русском языке, но сначала увидели свет за границей (в Германии).

Яков Ильич всегда был активным участником физических съездов. Один из них, съезд 1928 г., был весьма своеобразно организован: делегаты съезда совершили поездку по Волге на пароходе, причем пленарные заседания этого съезда происходили в городах, мимо которых шел пароход. Я. И. пишет 15 августа 1928 г. из Саратова:

«... Время на пароходе летит быстро и оживленно. Так много интересных людей, с которыми полезно или приятно побеседовать или поболтать; много веселой молодежи, в обществе которой засиживаешься до поздней ночи или, вернее, до раннего утра.

Сегодня, несколько часов тому назад, съезд был закрыт. Подводя итоги 11 дней, прошедших с его открытия, следует признать, что идея А. Ф. Иоффе о передвижном

съезде в общем и целом вполне себя оправдала. Если и были некоторые недостатки, то они обусловливались неудачным выбором докладов на «провинциальных» заседаниях, особенно в Нижнем и отчасти в Саратове.

В открытых заседаниях для большой аудитории нужно делать лишь доклады популярного или полупопулярного характера. Сколько-нибудь сложные доклады остаются для огромного большинства подобной аудитории совершенно недоступными. Зато закрытые заседания на пароходе оказываются чрезвычайно интересными и полезными для «актива» съезда. Нас на пароходе было 200 чел. (значительная часть которых остается в Саратове). Из них активных участников — вместе с иностранцами — не более 50 человек.

К концу двадцатых годов работы Я. И. получили широкую известность и признание. Эти работы можно разбить на три основные группы.

Первая из них относится к теории металлов и открывается упоминавшейся работой², в которой была развита теория контактных потенциалов и поверхностного натяжения металлов. В 1924 г. Я. И. публикует статью⁷, в которой излагается теория «блуждающих» электронов. В ней Я. И. установил основное положение современной электронной теории металлов, а именно тот факт, что кинетическая энергия электронов проводимости в металлах практически не зависит от температуры (вопреки основному положению классической теории Друде), а определяется квантовыми условиями. Применяв к описанию электронов теорию Бора, Я. И. показал, что конденсация металлического пара в кристалл сопровождается «коллективизацией» валентных электронов, утрачивающих своего хозяина и обретающих возможность «блуждать» по металлу. Эти электроны и ответственны за характерную для металлов электропроводность. Я. И. показал, что из его теории вытекают все подтвержденные опытом результаты теории Друде (закон Видемана — Франца и т. д.) и вместе с тем устраняются внутренние противоречия классической теории, приводившие к известной «катастрофе с теплоемкостью».

О доложенной на конгрессе в Комо теории электропроводности уже упоминалось. Другой очень важной идеей Я. И. (которая, как он отмечает, возникла в его дискуссиях с Я. Г. Дорфманом) было впервые предложенное им объяснение природы ферромагнетизма, сводящееся к тому, что ввиду обменного взаимодействия электронов соответствующая часть их электростатического взаимодействия зависит от взаимной ориентации их спинов, т. е. от их результирующей намагниченности. Именно этой электрической энергией взаимодействия и обусловлена большая разница в энергиях намагниченного и ненамагниченного состояний ферромагнетиков, необъяснимая вне квантовой теории. Классическая работа Гейзенберга, в которой та же идея была независимо развита более полно и строго, появилась через несколько месяцев после работы Я. И. К этой же группе работ примыкает известная статья¹¹ (совместно с Я. Г. Дорфманом), где авторами дана теория вейссовских доменов в ферромагнитных телах и указана зависимость размеров этих доменов от полных размеров образца.

Яков Ильич развил теорию вырожденного релятивистского газа и применил ее результаты к проблеме внутреннего строения звезд. При этом он показал, что масса стабильной звезды, находящейся в вырожденном состоянии, не может превосходить определенного максимального значения, ненамного превышающего массу Солнца. Наконец, им был дан вошедший в учебники вывод формулы для нулевой энергии вырожденного ферми-газа.

Позднее, в 1946 г., в обзорной статье Я. И.¹², посвященной теории металлов, мы находим интересную оценку его собственных работ; там же Я. И. следующим образом формулирует свои взгляды на задачи физической теории:

«Чем сложнее рассматриваемая система, — пишет Яков Ильич, — тем, по необходимости, упрощеннее должно быть ее теоретическое описание. Невозможно

требовать от теоретического описания сложного атома, а тем более молекулы или кристалла, столь же высокой степени точности, как от теории простейшего, водородного, атома. Впрочем, подобное требование является не только невыполнимым, но, по существу, и никчемным... Точное вычисление констант, характеризующих простейшие физические системы, имеет существенное значение в качестве испытания правильности основных принципов теории. После того как, однако, она блестяще выдержала это испытание, нет никакого смысла подвергать ее новым испытаниям в применении к более сложным системам. Подобного испытания не может выдержать самая идеальная теория из-за практически непреодолимых математических трудностей, на которые она неизбежно наталкивается в применении к сложным системам. В этом случае от теории требуется лишь правильное истолкование общего характера величин и закономерностей, относящихся к подобной системе. Физик-теоретик в этом отношении подобен художнику-карикатуристу, который должен воспроизвести оригинал не во всех деталях подобно фотографическому аппарату, но упростить и схематизировать его таким образом, чтобы выявить и подчеркнуть наиболее характерные черты. Фотографической точности можно, и следует, требовать лишь от описания простейших систем. Хорошая теория сложных систем должна представлять собой лишь хорошую «карикатуру» на эти системы, утрирующую те свойства их, которые являются наиболее типическими, и умышленно игнорирующую все остальные — несущественные — свойства.

Хотя я, со своей стороны, никак не могу согласиться с тем, что нет смысла применять качественно проверенную теорию к сложным системам, тем не менее в приведенной цитате Яков Ильич очень удачно подчеркнул необходимость выделять и «выпячивать» те основные качественные закономерности сложных систем, которые всегда представляли для него основной интерес.

К этому же периоду относится начало работ Я. И. в новом направлении, о котором он говорит в своей автобиографии следующее: «Хотя я занимался очень разнообразными вопросами физики, физической химии и геофизики, моя излюбленная тематика относилась к строению вещества, в особенности к строению твердых и жидких тел».

Мы здесь остановимся только на двух относящихся к этой тематике работах рассматриваемого периода. Первая из них¹³ посвящена теории адсорбции; в ней дано объяснение критической температуры конденсации молекулярного пучка на поверхности твердого тела и выдвинуто представление о «ползании» адсорбированных молекул (эти представления спустя 20 с лишним лет Я. И. распространил на тот случай, когда на поверхности тела адсорбированы не чужеродные, а, так сказать, свои «собственные» атомы (молекулы) кристалла). Указанная работа проводилась в тесном контакте с Н. Н. Семеновым и Ю. Б. Харитоновым и ее результаты были несколько позднее изложены в соответствующей совместной статье¹⁴.

В другой работе¹⁵ дана прочно вошедшая в науку теория движения атомов и ионов в кристаллах. Я. И. обратил внимание на то, что наряду с испарением атомов с поверхности кристаллической решетки в окружающее пространство может иметь место своеобразное испарение атомов из равновесных положений в пространство междуузлий (ионы в междуузлиях, как заметил А. Ф. Иоффе, играют определяющую роль в электропроводности ионных кристаллов; в работе А. Ф., однако, оставались без внимания пустые узлы решетки, образовавшиеся за счет ухода атома (иона) в междуузлие). Такого рода диссоциация кристаллической решетки на атомы (ионы) в междуузлиях и вакантные узлы (дырки) приводят к образованию того, что в литературе получило название «дефектов по Френкелю». Дырка (или вакантный узел решетки) может перемещаться по кристаллу независимо от покинувшего ее атома. Она может, в частности, «испариться», выйдя на поверхность*). Атомы в междуузлиях совместно с вакантными узлами (дырками) и образуют картину реального кристалла.

*) Заметим, что этим процессом испарения дырок и вообще дефектов решетки в настоящее время пользуются для получения идеальных, бездефектных кристаллов.

В этой же работе Якова Ильича получено теоретическое выражение для электропроводности ионных кристаллов и введено представление о колебательно-поступательном движении молекул в жидкостях и вообще в аморфных телах. При этом Я. И. развил картину «кочевого» движения молекул жидкости и вычислил среднее время их «оседлой» жизни. Это представление оказалось чрезвычайно плодотворным и в той же статье нашло свое применение для теоретического рассмотрения процессов диффузии и построения количественной теории вязкости жидкостей. Вычисления, проведенные в последние годы на электронно-счетных машинах для выяснения характера движения частиц в жидкости, полностью подтвердили изложенные представления Я. И.*).

Третья группа работ относится к фундаментальным проблемам, связанным с элементарными частицами. Работа ⁵ посвящена релятивистской теории вращающегося электрона.

Хотя эта проблема была окончательно решена лишь в более поздних работах Дирака, однако работа Я. И. знаменует собою существенный прогресс в наших представлениях. В частности, Я. И. впервые ввел в качестве характеристики магнитного момента частицы не вектор μ_a , а антисимметрический тензор $\mu_{\alpha\beta}$, временные компоненты которого ($\alpha=4$ или $\beta=4$) определяют собою электрический момент частицы (они обращаются в нуль в ее системе покоя). Именно этим тензором и характеризуется в современной релятивистской теории возможный добавочный (т. е. не чисто спиновый) магнитный момент частицы. В работе 1928 г. Я. И. предложил ⁶ уравнение, которое, по его мнению, должно было бы описывать движение электрона с учетом требований теории относительности. Как выяснилось в дальнейшем, это выведенное Я. И. уравнение применимо для описания движения векторных мезонов (со спином 1) и идентично уравнениям Прока (1936 г.).

Все эти работы (общее число которых к концу 1929 г. составляло 60), наряду с книгами Я. И., изданными у нас и за рубежом, выдвинули его в число ведущих теоретиков мира. В 1929 г. Я. И. избирается членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Осенью 1930 г. Яков Ильич уезжает в годичную командировку в США в качестве так называемого «гостевого» профессора Миннеаполисского университета в Миннесоте. Письма Я. И. из Америки к жене и родителям ярко характеризуют его исключительную работоспособность, содержат много интересных наблюдений над американской жизнью того времени и, вместе с тем, свидетельствуют о том, с каким рвением и энергией Я. И. старался в беседах и многочисленных выступлениях ознакомить американцев с идеалами советского строя.

Ниже приведен ряд выдержек из писем Я. И. того периода.

«Нью-Йорк, 29 сентября 1930 г.

Я только что был в Колумбийском университете, где познакомился кое с кем из здешних физиков. Все-таки приятно встречать в Америке прием, свидетельствующий о почете и уважении. Впрочем, физики образуют узкую касту, члены которой хорошо известны друг другу во всех частях земного шара, но подчас совершенно неизвестны даже своим ближайшим соотечественникам.

Миннеаполис, 2 октября 1930 г.

... Сегодня утром после двухдневного путешествия в пульмановских вагонах я благополучно прибыл к месту своей временной службы, где был весьма сердечно встречен профессором Эриксоном — председателем отделения физики и д-ром Хиллом — моим ассистентом. Оба очень милые, как, впрочем, и все американцы, которых

*] В этой связи см. обзор. И. З. Фишер, УФН 69, 349 (1959).

я здесь встречал. Эриксон — швед по происхождению (большинство обитателей Миннеаполиса относятся к этой категории), высокий, худой, как небоскреб. Хилл — маленький и уютный. Не успев расположиться в своих апартаментах (где обретается часть холостых профессоров и преподавателей) и едва успев прочитать ваши письма, я уже приступил к первой своей лекции.

Мои обязанности сводятся к прочтению трех часовых лекций в неделю. Все остальное время в моем полном распоряжении.

Миннеаполис, 8 октября

... Сегодня я прочитал свою 4-ю лекцию. Мне кажется, что она была менее удачна, чем предыдущие. Не беда — компенсирую своих слушателей в следующий раз. Сейчас мне предстоит сделать доклад в адепном семинаре о некоторых моих собственных работах.

Проф. Эриксон обещал дать мне свою скрипку, а я, тем временем, уже сговорился с некоторыми своими новыми друзьями насчет устройства квартетов при моем участии.

Миннеаполис, 12 октября

Аудитория моя насчитывает 25 человек, из них 14 студентов, остальные профессора и преподаватели. Студенты — малоподготовленные (вроде наших третьекурсников), но производят очень хорошее впечатление.

... Женский пол, как я уже вам докладывал, до сих пор не был представлен в моей аудитории. В прошлый раз подобный представитель впервые явился (привлекательный, очевидно, моей доброй славой как лектора). Но как вы думаете, в лице кого... — Монашенки!! И это в то время, когда вне моей аудитории многотысячный цветник хорошеньких американских студенток. Откуда взялась эта монахиня, черт ее знает. Я надеюсь, что она скоро сбежит и не будет раздражать меня своим мрачным видом, подчеркивая непопулярность моего предмета у особ прекрасного пола.

... Я с наслаждением читаю в американской прессе все более и более частые и сочувственные и осведомленные заметки и статьи об СССР. Американцы начинают верить в успех «русского эксперимента» и, в частности, в осуществление пятилетнего плана. Я собираюсь написать по этому поводу и вообще по поводу Америки статью для «Известий».

Миннеаполис, 12 октября 1930 г.

Мне здесь вообще часто приходится говорить о России, интерес к которой в Америке за последнее время очень возрос. Ты знаешь, издали наши успехи ощущаются еще более резко, чем вблизи, где их подчас заслоняют наши промахи и трудности, и я с гордостью несу свое знамя советского гражданина.

Миннеаполис, 19 октября 30 г.

Завтра утром я приступаю к своим художественным занятиям в студии, руководимой известным местным художником здесь же при университете (при архитектурном факультете).

Я начинаю понемногу втягиваться в работу, которая идет *crescendo*, но пока дошла только до *m. f.* (или, быть может, только до *p.*), начавшись с *ppp.* Сейчас заканчиваю первую статью, а как только кончу — примусь за вторую. Это две старые работы, незаконченные в Питере, где я последнее время был слишком заторможен, чтобы заниматься.

23 октября

Недавно студенческая газета поместила интервью со мною под заголовком «Frenkel sees prosperity for Russia under Soviet». Сегодня ко мне обратилась редакция газеты «Технолог», издаваемой группой технических факультетов, с просьбой дать статью о новейших технических и промышленных достижениях в России. Для этой статьи мне нужны материалы (желательно иллюстрированные). Обратись по этому поводу к Факидову или к Брауде в Рентгеновский институт и попроси их скорее достать и выслать мне эти материалы (желательно в дальнейшем регулярно снабжать меня иллюстрированными журналами, посвященными этого рода вопросам).

Миннеаполис; 3 ноября

... Сегодня я закончил третью свою художественную работу — портрет некоего старца. Впрочем, я и за физику не беспокоюсь. Мне необходимо только некоторое внешнее давление для обеспечения надлежащих темпов. Такое давление представляет собой мои выступления в Урбане, а также на предстоящем в Чикаго 28—29 ноября физ. съезде. В результате темпы начали подниматься...

7 ноября

Я получил от Амторга по своей просьбе ряд иллюстрированных изданий (частью на английском языке) о России, которыми воспользуюсь для своих письменных и устных выступлений. Я пока что не отказываюсь от предложений этого рода, считая своим долгом использование каждой возможности для «советской пропаганды». В ближайшем будущем мне придется говорить о России в одном из профессорских клубов, куда меня пригласили в качестве постоянного члена (это считается здесь весьма лестным), далее в Международном студенческом клубе и еще в каком-то городском клубе. Обычно эти выступления соединяются с ленчем или обедом и, таким образом, отнимают очень много времени.

Я собираюсь усиленно работать, чтобы закончить свою статью о поглощении света в твердых телах*). Мне удалось разобраться во всех неясностях и теперь, я думаю, эта работа пойдет у меня быстро.

Миннеаполис, 15 ноября

... Сегодня состоялось мое третье публичное выступление о России в так называемом Saturday lunch club перед аудиторией примерно в 150 человек, представляющей, по уверению руководителей клуба, цвет здешней интеллигенции. Среди моих слушателей был один сенатор, два члена конгресса, несколько профессоров, много учителей и всякого рода business men'ов. Я говорил свыше часу, мне кажется, хорошо и убедительно, а затем около часа отвечал на вопросы. Я построил свой доклад на том, что Россия находится в настоящее время в состоянии войны не с внешним врагом, а с природой и со старым укладом жизни, войны не за разрушение, а за созидание, в которой вместо крови льется пот, а вместо героики смерти культивируется героика труда; войны, фронт которой простирается не вдоль государственной границы, а пересекает вдоль и поперек всю территорию страны; войны, ведущейся во имя созидания социализма не для грядущих поколений, а для самих ее участников в ближайшие годы. Этим напряжением войны объясняются кажущиеся противоречия в относящихся к России фактах: громадные успехи в деле индустриализации и земледелия и нехватка предметов питания и обихода, идеализм и жестокость и т. д.

Отвечая на вопросы, коснулся религии, национальностей и т. п. Американцев особенно интересовал вопрос о том, могут ли русские сберегать деньги, чтобы затем пускать их в оборот или передать в наследство детям. Им трудно было уяснить себе, что у нас стремление к капиталистическому накоплению не может иметь место.

18 ноября

Я только что вернулся из клуба, где делал свои $(n+1)$ -й доклад о России (n -й сделал сегодня утром, а $(n-1)$ -й в субботу, т. е. три дня тому назад). Все с большим успехом. Но эти выступления начинают меня утомлять, особенно сегодняшнее вечернее. Свой вечерний доклад я построил совершенно иначе, чем предыдущие, описав моим слушателям те впечатления, которые они получили бы в качестве туристов, а затем уж дополнив эти впечатления более высокими соображениями. Кстати, посылаю тебе искаженную и сокращенную интерпретацию моего субботнего доклада в виде газетной заметки.

Я чувствую себя сейчас крайне утомленным. Говорил я долго, затем долго отвечал на вопросы.

Возрастающий интерес американцев к России, впервые проявившийся по-настоящему, кажется, в этом году, в значительной мере связан с переживаемым Америкой кризисом. Этот кризис не так сильно потрясает (пока) экономические учреждения американцев, как их мозги. В газетах и в устных разговорах приходится сталкиваться с совершенно новыми для американцев сомнениями в святости принципа частной собственности. В связи с этими сомнениями американцы начинают все более и более интересоваться теми результатами, которые могут быть достигнуты — и фактически достигнуты в России — на основе отрицания или ограничения частной собственности. Этим объясняется, вероятно, популярность моих лекций о России.

24 ноября

Последнее время я много работал и в результате сегодня заканчиваю свою статью. Она далась мне не легко, но зато я ею очень доволен и считаю ее лучшим своим произведением по теории квантов**). Сейчас у меня имеется ряд идей для дальнейшей работы отчасти в том же самом направлении (поглощение света в твердых телах), отчасти в других. В связи со своими собственными занятиями я почти не читаю ни книг, ни журналов, тем паче, что последние не блещут содержанием.

*) Яков Ильич имеет в виду статью об экситонах¹⁷ И. Т.).

**) Речь идет о работе¹⁷ И. Т.).

Миннеаполис, 27 ноября

Сегодня Америка празднует день Благодарности (thanksgiving day), которую лет 300 тому назад первые пилигримы воздали небу за плоды трудов своих. По этому поводу я был приглашен к Эриксонам на обед, после которого часа два музицировал с миссис Эриксон, выступая с большим успехом в своем обычном репертуаре: «Легенда» Венявского, «Баллада» и «Шолонез» Вьетана, «Siene de Balle» Берйо, «Дьявольские трели» Тартини и часть цыганских напевов Сарасате. Аудитория в лице проф. Эриксона осталась чрезвычайно довольной концертом, который я предложил считать процентами на капитал, одолженный мне в виде скрипки.

Миннеаполис, 1 декабря

... Между прочим, в Чикаго мне несколько раз попадались прилично одетые молодые люди (одного из них у нас наверняка приняли бы за буржуа) и робким голосом просили помощи: «Сэр, не найдется ли у вас немного денег; я безработный, совсем разбит усталостью и голоден». И это в то время, как кругом магазины ломятся от изобилия и товаров девать некуда. Какое счастье для России, что она перескочила через буржуазный правопорядок.

13 декабря, в поезде (Айова-Сити — Нью-Йорк)

Я все еще нахожусь под впечатлением своего визита в Айова-Сити. Я провел там два дня почти в непрерывных разговорах, большей частью научных или полунаучных, во всяком случае интересных, в обществе чрезвычайно милых и культурных людей. Профессор Стюарт радушно предложил мне поселиться у него. Он настоящий американец и притом наилучшего сорта, жизнерадостный, энергичный и весьма непосредственный... Он подробно изложил мне свои работы, которые очень меня заинтересовали (я не был знаком с ними раньше). Говоря о своих рентгенографических исследованиях о строении жидкостей, он выразился следующим образом: «I like to play that». Его результаты о близком сходстве между жидкостями и твердыми телами совпадают с идеями, которых я сам придерживался последние годы (впервые я их высказал в Рентг. институте в 1925 г.) и собираюсь в ближайшем будущем разработать более основательно.

... Вчера вечером после второй моей лекции (о применении волновой механики к теории вязкости газов) меня чествовали обедом в университетском клубе, а после обеда я сделал очередной доклад о России (№ 12!!), кажется, более удачный, чем все предыдущие. Присутствовало человек 30—40, преимущественно физиков с женами.

Нью-Йорк, 15 декабря

Сейчас мне нужно будет приняться за давно обещанную статью о России, для того чтобы она могла появиться в январском номере Миннесотского журнала «Технолог».

Далее в программе моих нью-йоркских занятий переделка — вернее, писание заново — первой главы «Волновой механики».

Я страшно рад, дорогие мои, тому, что в продовольственном отношении вашем начинает ощущаться улучшение. Я сам твердо уверен в том, что через пару лет наша страна будет счастливейшей в мире.

Нью-Йорк, 17 декабря

Вчера отправился в Колумбийский университет. Там меня чрезвычайно мило приняли, показывали лаборатории и знакомили с ведущимися в них работами. Физический институт Колумбийского университета — весьма импозантное 13-этажное здание. Однако внутреннее содержание его не вполне соответствует внешности, по крайней мере в отношении исследовательских работ. В этом отношении Колумбийский университет мало отличается от Миннеаполисского или Иллинойского, или Айоваанского. Теоретическая физика представлена в нем м-ром Раби, очень славным молодым человеком, недавно вернувшимся из Европы, где он проработал в течение года у Штерна и Борна. Другой университет города Нью-Йорка обзавелся в этом году очень талантливым теоретиком Брейтом, выходцем из России, давно, впрочем, проживающим в Америке. Завтра вечером нью-йоркские теоретики собираются на семинар, на котором я буду гостем и докладчиком.

20 декабря

Вчера вечером я сделал довольно подробный доклад о своих последних двух работах*) перед здешними теоретиками и лицами, более или менее близкими к теории,

*) Имеются в виду, в частности, работы 17, 18.

в теоретическом семинаре Колумбийского университета. Присутствовали Раби, Брейт, Гальперн (из Вены, состоит ассистентом профессора при Брейте) и др., в общем человек 25. С Брейтом я познакомился лишь вчера. Он чрезвычайно талантливый физик-теоретик и очень симпатичный молодой человек — лет 30.

Доклад мой вызвал большой интерес, подтвердивший мое собственное впечатление об удачности моих двух американских работ. Последняя из них ставит ряд новых и притом очень интересных вопросов, решению которых, уже намеченному в общих чертах, я надеюсь посвятить еще три работы в ближайшем будущем. Я хотел бы их выполнить к следующему съезду физического о-ва, который состоится 28 февраля в Нью-Йорке.

Начал заниматься, постепенно развивая *crescendo*. Сегодня впервые приступил к переработке своей книги (ты сама знаешь, как трудно бывает начать какую-нибудь большую работу).

Миннеаполис, 20 января 1931 г.

Я недавно, всего лишь пару часов тому назад, вернулся из Рочестера, где вчера вечером три с половиной часа просвещал человек 50 — преимущественно сотрудников клиники Мэйо, а также ряд представителей местной интеллигенции — насчет СССР. Я уже потерял счет своим выступлениям. Вчерашнее было, кажется, 16 или 18-м. Успех полный. Распропагандировал американцев на 100 процентов. Да что — американцев — сам себя распропагандировал или, вернее, взвинтил так, что почувствовал непреодолимое влечение назад, в социалистическое отечество — независимо от тебя, детей и близких, — а полученные новогодние советские газеты прочитал с глубоким волнением, какого давно не испытывал. Я жалею только о том, что мне приходится выступать перед маленькими, хотя и избранными, аудиториями, чем очень умаляется полезный эффект моей пропагандистской деятельности.

Клиника Мэйо представляет собой поистине грандиозное учреждение. Достаточно сказать, что она пропускает ежегодно 80 тысяч человек больных. Оборудована она изумительно. Помещение громадное (главное здание имеет 20 этажей и сообщается подземными корридорами со множеством вспомогательных) и необычайно красивое. Организация образцовая.

Клиника соединена с несколькими гостиницами и санаториями, как бы ее дополняющими. В одной из этих гостиниц мне была отведена шикарная комната, разумеется, с ванной и миллионном полотенец — и, кроме того, с... библией.

В Институт экспериментальной медицины я попал к моменту окончания операций над двумя несчастными псами и к началу операций над не менее несчастным кроликом. И хотя это зрелище не доставило мне удовольствия (даже замутило под конец), однако, визитом своим, в связи с беседами о действии змеиных ядов на животный организм, о регенерации печени из маленького ее остатка у животных (в противоположность человеку) и др. — я остался очень доволен. Физиология необычайно интересная наука; жаль, что ее нельзя разрабатывать чисто теоретическим путем, подобно теоретической физике, или, по крайней мере, дополнять бескровными экспериментами. Конечно, ко всему можно привыкнуть, в частности, и к кровавым операциям. Но я все же рад, что мне не приходится ими заниматься.

2 февраля

Последние полторы недели я занимался, главным образом, «самообразованием», т. е. изучал (с большим восторгом) книгу Дирака. Ныне собираюсь проштудировать еще пару книг и прочитать несколько давно отложенных статей, а затем уже вернуться к попыткам двигать науку. Я давно уже ничего не читал по-настоящему и полагаю, что отнюдь не трачу зря время, наверстывая упущенное в этом отношении. В дальнейшем я собираюсь расширить круг своего чтения кое-какой электротехнической, а также биофизической литературой. Мне тесно в одной области... Завтра я надеюсь закончить портрет Эриксона, после чего на некоторое время сложу свои кисти в пользу музыки.

На этой неделе я буду снова играть с моим пианистом, а кроме того, один раз участвовать в трио, а другой, вероятно, играть концерт Баха для двух скрипок (с Хиллом).

Миннеаполис, 1 апреля 1931 г.

... Ты, между прочим, упоминаешь, что мою большую работу в *Phys. Rev.'e* (об экситонах, *Phys. Rev.*, 1931.—*И. Т.*) в Цюрихе раскритиковали и постановили считать неверной. Считаю подобное мнение безусловно ошибочным, — не только на основании своих бесед с американскими теоретиками, но и по внутреннему убеждению. То обстоятельство, то Паули считает работу мою *falsch*, доказывает лишь, по-моему

мнению, что она не trivial*). Кстати, скоро выйдет ее продолжение, значительно ее улучшающее и дополняющее (Phys. Rev., 1931 г.— И. Т.). До своего отъезда из Америки я надеюсь написать еще одну или две статьи в развитие той же темы.

Сейчас я, впрочем, всецело поглощен своей книгой. Во время своего пребывания в Нью-Йорке, включая путешествие туда и обратно, я написал около 100 страниц. Надеюсь недели через 3—3½ закончить всю работу. К сожалению, я предчувствую, что меня будут часто отрывать от нее «общественные обязанности» (отнюдь не в советском смысле этого слова), т. е. обязательные визиты, трапезы с приезжими гастроле-рами (кстати, прекрасный обычай, который нам следовало бы перенять у американцев) и т. п. Сегодня я был на обеде, устроенном в честь английского ученого, эконом-политика и социалиста Ласки. После обеда он, как водится, поделился своими впечатлениями о состоянии Западной Европы. Впечатления его очень мрачные; он считает весьма вероятным, что в Европе в недалеком будущем вспыхнет война.— Я выступил в прениях, доказывая, что Россия является ныне единственной надеждой мира в Европе: если только война не вспыхнет в этом или будущем году (упаси боже!), то ни одно государство не решится ее начать хотя бы потому, что она немедленно превратится в коммунистическую революцию на Западе..

Миннеаполис, 3 апреля

Только что у меня был корреспондент одной из миннеаполиских газет. Я с ним беседовал целый час, и кажется, распропагандировал на 100%. Посмотрим, что он напишет!.

Первая часть «Волновой механики» Я. И. была напечатана в Англии в 1932 г. и вскоре (1936 г.) вышла там вторым изданием. Вторую часть книги Я. И. написал уже по возвращении на родину (она была издана в Англии в 1934 г.). В течение 1933—1935 гг. вышли в русском издании оба тома «Электродинамики» и «Волновой механики».

Яков Ильич умел легко излагать свои мысли на бумаге. Писал он с исключительной быстротой, причем равно свободно как на русском, так и на иностранных языках (английском, французском и немецком). Несмотря, однако, на эту быстроту и легкость, писание книг, а также и техническая работа, связанная с их изданием, занимали очень много времени. Поэтому Я. И. не прекращал своей работы и летом, во время отпуска. В июле 1935 г. Я. И. пишет отцу в письме из Железа — живописного дома отдыха на берегу реки Луги, где он неоднократно отдыхал со своей семьей:

«... Я даже почти не гуляю: как это ни странно—не хватает времени. До обеда я занимаюсь; сегодня, например, написал 18 стр. большого формата. Вечером регулярно поигрываю на скрипке с Сергеем Федоровичем Васильевым или проф. Бауэром — также скрипачом (я привез большое количество дуэтов). А после ужина, т. е. после 9 часов, «болтаюсь» или пишу письма, как, например, сейчас. Для рисования у меня покамест еще не хватает времени. Займусь им, вероятно, лишь после того как окончу книгу**). Надеюсь, что мне это удастся числу к 25-му. Тогда я снова приеду в Ленинград — сдавать свою книгу издательству. К сожалению, после окончания книги я еще не буду совсем свободен; останутся две статьи, редакция переводов. Не помню лета, когда бы я был совершенно свободен от литературных обязательств!»

Яков Ильич любил при изложении физических вопросов прибегать к методу аналогий***), о котором он писал в предисловии к русскому изданию первого тома «Волновой механики»:

«Из дидактических соображений я широко пользовался при изложении методом аналогий, подчас поверхностных, но зато имеющих преимущество наглядности. Сюда

*) В. Паули, будучи выдающимся ученым, отличался, однако, крайне скептическим отношением к новым физическим идеям; ему приписывается утверждение, что большинство работ являются «entweder falsch, oder trivial» (т. е. либо не верны, либо тривиальны). В частности, его первая реакция была отрицательной как по отношению к френкелевскому экситонам, так и к идее Юленбека и Гаудсмита о наличии у электронов спина (И. Т.).

**) Имеется в виду второй том «Электродинамики».

***) На эту тему в 1931 г., в США, а позднее у нас, им был прочитан доклад «О методе аналогий в физике»; рукопись доклада частично сохранилась.

относится аналогия между материей и светом, ограниченный характер которой обнаруживается при более глубоком изучении существующей между ними связи. Аналогия, если обращаться с ней с должной осторожностью, представляет собой наиболее простой и понятный путь от старого к новому; не следует лишь забывать, что всякая аналогия, если только она не является фактическим тождеством, имеет определенные границы. Истинно новое никогда не содержится в старом и, познавая законы природы, мы должны научиться видеть не столько старое в новом, сколько новое в старом, рассматривая последнее как приближенную форму первого».

Книги и научные статьи Я. И. написаны образным, простым и ясным языком. Макс Борн писал Я. И. (в марте 1947 г.): «Благодарю Вас за присылку оттиска статьи о «Делении»^{*}). Я прочел ее с большим интересом, хотя и не являюсь специалистом в ядерной физике. Вы пишете всегда так ясно и просто, что за Вашей мыслью очень легко следить».

В начале тридцатых годов начался сыгравший очень большую роль в деле развития физики в нашей стране процесс отпочкования некоторых лабораторий Ленинградского физико-технического института (ЛФТИ), руководимого в то время акад. А. Ф. Иоффе, выделения их в отдельные институты, организованные как в пределах Ленинграда, так и в других городах (Харькове, Свердловске, Днепропетровске, Томске и т. д.). В течение ряда лет Я. И., наряду с заведованием теоретическим отделом ЛФТИ, возглавляет теоретический отдел Института химической физики (также выделившегося из ЛФТИ). Он часто выезжал для консультаций и лекций в упомянутые новые институты, а также в Киев, Одессу, Ростов, оказывая немалое влияние на становление физики в провинциальных городах Советского Союза. Вот несколько отрывков из писем Я. И. того периода:

«Киев, 15 мая 1935 г.

... Едва ступив в помещение Академии наук, я наткнулся на Николая Митрофановича (Крылова.— *И. Т.*), с которым провел пару часов в задушевной беседе... Несмотря на свои причуды, он остается для меня прекрасным другом и занятнейшим человеком. Завтра члены конференции разъезжаются, а я остаюсь один со своими киевлянами, которых буду просвещать ежедневно с 5 до 9, вплоть до 20 мая, когда приеду для того же в Одессу.

Одесса, 30 мая 1935 г.

... Свою деятельность в Одессе я вчера благополучно закончил 2½ часовой лекцией о «материи и энергии». Сегодня и завтра я совершенно свободен; сегодня с утра занимался (писал третью статью; две уже готовы для печати). А послезавтра отправлюсь в Днепропетровск (самолетом — 3½ часа), где в тот же вечер буду делать доклад.

Ростов, 4 сентября 1936 г.

... Я должен читать ежедневно две лекции: одну утром от 8.30 до 10.30, а вторую — вечером — от 5 до 7. Кроме того, меня уговорили прочитать 3—4 лекции для студентов Педагогического института. Вчерашние мои лекции, особенно вечерняя, посвященная вопросу о теории жидкого состояния, собрали очень большую аудиторию (человек 500). Посмотрим, что будет дальше. Я начал работать: пишу дополнение к своей английской книге».

В тридцатые годы Яков Ильич исключительно интенсивно работает. За десятилетие им опубликовано около 100 печатных работ и издано (и переиздано) 10 книг.

В 1930—1931 гг., во время пребывания в США, Я. И. разрабатывает проблему поглощения света в твердых телах^{17,18} и показывает, что если электрон какого-либо атома тела, поглотив квант света, перешел в возбужденное состояние, то это возбуждение может (с определенной

^{*}) Имеется в виду работа «О некоторых особенностях деления тяжелых ядер» (*J. of Physics USSR* 10, 533—539 (1946)).

скоростью) передаваться от атома к атому. Такое подвижное возбужденное состояние, названное Я. И. «экситоном», ведет себя подобно частице (и может быть описано соответствующими волнами возбуждения). При этом, однако, не происходит переноса электрического заряда. Дырка, образовавшаяся в результате возбуждения электрона в нормально заполненной полосе энергетического спектра электронов тела, совместно с электроном, которому эта дырка обязана своим существованием, образует своеобразный «экситонный атом», характеризующийся своим энергетическим спектром.

Такого рода спектр был обнаружен в опытах Е. Ф. Гросса и его сотрудников в конце 1951 г.; с тех пор число работ, посвященных теории и экспериментальному исследованию экситонов, растет из года в год, причем понятие экситона стало настолько привычным, что почти утратило связь с его творцом.

Электронной теории посвящен целый ряд статей этих лет; одна из них, в частности, является дальнейшим развитием теории экситонов¹⁹, в другой²⁰ (совместно с А. Ф. Иоффе) обсуждается эффект выпрямления на контакте металла с полупроводником.

В эти годы Яков Ильич развивает свои идеи о близости свойств жидких и твердых тел^{21, 23}.

В работе²⁴ он создает понятие так называемого ориентационного плавления жидкостей, сводящегося к ликвидации дальнего порядка в распределении равновесных ориентаций дипольных молекул жидкостей (а не к переходу от вращательных качаний к свободному вращению), при сохранении ближнего порядка и связанного с ним характера теплового движения, т. е. вращательных качаний. Наличием такого ориентационного плавления и объясняется известная из опыта аномалия теплоемкости и скачок электрической поляризации в кристаллах галоидоводородных соединений (типа хлористого и бромистого водорода). Работы В. Н. Цветкова с жидкими кристаллами (анизотропными жидкостями), выполненные несколькими годами позднее, подтвердили теоретические предсказания Я. И. о существовании ориентационного плавления, происходящего при температуре более высокой, чем обычная температура плавления (для температуры ориентационного плавления он получил формулу, аналогичную соответствующему выражению для температуры Кюри ферромагнетиков*).

На упоминавшейся выше мартовской сессии 1936 г. Академии наук, Я. И., выступая в дискуссии по моему докладу о теории атомных ядер, предложил свою статистическую модель ядра²⁵ (не совсем удачно названную им в статье²⁶ «твердой»). Говоря о теории компаунд-ядра Н. Бора (опубликованной в «Nature» за две недели до этого**), Я. И. указывает, что как раз сама сложность структуры ядер, к которым применима эта теория, позволяет (как это всегда бывает) внести в теорию упрощение. Я. И. уподобляет атомное ядро твердому или жидкому телу, состоящему из большого числа частиц, связанных друг с другом. Энергия, приносимая в такую систему захваченным ею нейтроном, должна рассматриваться как тепловая энергия этого ядра, а процесс захвата нейтрона — как своеобразная его адсорбция, сопровождающаяся нагревом (компаунд-) ядра с последующим «испарением» из него нейтрона, протона или α -частицы. Основываясь на этой аналогии, Я. И. вводит понятие температуры ядра и в последующих статьях облачает свои идеи в математическую форму. Эти идеи получили признание и развитие, в частности, в работах самого

*) См. также работу Цимма и др.: Ann. Rev. of Phys. Chem. 4, 220 (1953).

***) N. B o h r, Nature, 29 Febr. 1936.

Н. Бора (совместно с Калькарром *)), где изложению результатов Я. И. посвящен специальный параграф, а также в работах Ландау **) и Вайскопфа и Бете ***). Сам Я. И. спустя два года после опубликования упомянутой статьи²⁶ посвящает развитию своей теории работу «К статистической теории распада атомных ядер»²⁷.

Особенно плодотворными были 1938 и 1939 гг.; в течение этих двух лет Я. И. опубликовал 30 печатных работ, восемь из которых вошли в число статей, опубликованных во втором томе собрания избранных трудов.

Изложение этих работ заняло бы слишком много места, и мы ограничимся поэтому лишь самым кратким описанием важнейших из них.

Прежде всего, — это классическая работа Якова Ильича по электрокапиллярному делению тяжелых ядер медленными нейтронами²⁸. В этой работе развивается аналогия между атомным ядром и каплей заряженной жидкости («капельная модель ядра»); электрический заряд стремится растянуть и разорвать ее, а ядерные силы связи между частицами этому препятствуют и создают поверхностное натяжение капли «ядерной» жидкости. Равновесие этих двух сил определяет предельный электрический заряд устойчивых тяжелых ядер, а неустойчивость ядра, получившего энергию (от нейтрона, например), обусловлена возникновением при захвате нейтрона колебательным движением в ядре, в частности капиллярных волн. При достаточной интенсивности этих волн ядро «разваливается» на две капли меньшего размера. В той же работе Я. И. указывает в качестве возможной устойчивой формы ядра — несферическую (эллипсоидальную)****). Более подробно аналогичное представление о механизме деления ядер несколькими месяцами позднее было высказано и количественно развито в работе Бора и Уилера *****). В этих двух работах Я. И. Френкеля и Бора и Уилера были впервые сформулированы основы современной теории деления тяжелых ядер.

В том же 1939 г. Я. И. выполняет еще две работы по молекулярной физике. Одна из них относится к теории гетерофазных флуктуаций и предпереходных явлений³⁰. В ней Я. И. указывает, что во всякой фазе существуют зародыши новой фазы, обусловленные флуктуациями, связанными с тепловым движением частиц. Он трактует зародыши новой фазы, появляющиеся в исходной фазе при температурах как выше, так и ниже температуры макроскопического превращения, как частицы некоторого «растворенного» вещества, концентрация которых определяется на основе общей теории диссоциации в разбавленных растворах. Полученные результаты Я. И. применяет к количественному объяснению явлений «предплавления» (аномальное увеличение теплоемкости и коэффициента теплового расширения кристаллов вблизи температуры плавления), а также к кинетике кристаллизации.

В 1939 г. Яков Ильич совместно с С. Е. Бреслером выполняет фундаментальную работу по тепловому движению длинных молекулярных цепочек³¹. В этой работе было показано, что тепловое движение макромолекулы полимера складывается из отдельных крутильных колебаний звеньев цепи. В результате макромолекула движется и изгибается как упругий стальной прут — раньше ее считали совершенно свободной

*) N. Bohr and F. Caldeira, перевод см. в УФН 20, 1 (1938).

**) Л. Д. Ландау, ЖЭТФ 7, 819 (1937).

***) V. Weisskopf, Phys. Rev. 52, 295 (1937); Н. Ветте, там же 57, 1125 (1940).

****) В настоящее время существование целого класса несферических атомных ядер установлено с несомненностью.

*****) См. N. Bohr and J. A. Wheeler, Phys. Rev. 56, 426, (1939).

и «мягкой», подобно нити. Работа оказалась в хорошем соответствии с экспериментами Дебая и Цимма и послужила отправным пунктом для большого числа теоретических и экспериментальных работ.

Другая важная работа, написанная Я. И. (совместно с Т. А. Конторовой) в те же 1938—1939 гг.³², относится к изучению природы пластической деформации. В этой работе впервые предложена микроскопическая теория пластической деформации, в которой пластичность рассматривается как особый тип движения в твердом теле — согласованное коллективное перемещение целых групп атомов, и предсказаны некоторые закономерности, относящиеся к этому типу движения (в частности, выведена формула, определяющая скорость перемещения такой деформации).

Франк и Эшелби *) в ряде работ, опубликованных спустя 10 лет, подошли к тому же вопросу с позиций «макроскопических» и получили, исходя из основных уравнений теории упругости, в точности те же результаты, что и Я. И. Френкель.

Наряду с напряженной научной работой, Я. И. ежегодно читает курс теоретической физики на физико-механическом факультете Ленинградского политехнического института, где, продолжая заведовать кафедрой теоретической физики, он стал руководить и кафедрой технической электроники (после кончины проф. П. С. Тартаковского).

В 1933 г., на основе одного из прочитанных курсов, Я. И. издает «Статистическую физику», а в 1940 г. «Курс теоретической механики на основе векторного и тензорного анализа» **). Таким образом, к 1940 г. Яковом Ильичем было завершено создание курса теоретической физики, включавшего в себя, помимо названных книг, двухтомные «Электродинамику» и «Волновую механику».

В первые месяцы Великой Отечественной войны Я. И. Френкель проводит исследование³³, в котором предлагает меры по предотвращению искрения трамвайных вагонов, связанного с отрывом бутеля от провода. Такая задача была поставлена в связи с тем, что трамвайные вспышки сводили на нет усилия по маскировке Ленинграда в летние ночи 1941 г. В конце августа 1941 г. Я. И. со своей семьей эвакуируется в Казань, где в то время сосредоточились основные физические институты Академии наук. Наряду с работой в ЛФТИ Я. И. берет на себя заведование кафедрой теоретической физики Казанского университета, где входит в контакт с казанскими физиками, в том числе с Е. К. Завойским. Обсуждая работы последнего, Я. И., в частности, заметил, что экспериментальная кривая, полученная им при исследовании парамагнитной абсорбции в растворах, является ветвью резонансной кривой, и дал теорию релаксационных потерь, связанных с явлениями парамагнитного резонанса³⁴ как в растворах, так и в твердых телах. Известно, как широко используются в настоящее время эти явления как в физике, так и в химии.

В 1942—1945 гг. Я. И. часто бывает в Свердловске, где еще теснее, чем в довоенные годы, сотрудничает с работниками Свердловского института физики металлов. В Казани, в конце 1943 г., он вновь обращается к вопросам геофизики (теория атмосферного электричества и земного магнетизма); эта деятельность стимулировалась тем интересом, который его работы вызывали у сотрудников Института теоретической геофизики и, в частности, у

*) F. C. F r a n k, Proc. Phys. Soc. 62, 131 (1949); J. D. E s h e l b y, Proc. Phys. Soc. 62, 307 (1949).

***) Последняя книга явилась третьим, существенно измененным изданием двух других («Курс векторного исчисления с приложениями к механике», ГИЗ, 1925 г. и «Аналитическая механика», Кубуч, 1935 г.).

директора этого института О. Ю. Шмидта. С 1944 г. Я. И. становится сотрудником этого института и работает в нем в течение ряда лет.

В Ленинграде, куда Я. И., начиная с 1943 г., периодически приезжает из Казани (окончательно Я. И. возвращается туда в 1944 г.), он консультирует ряд работ в Главной геофизической обсерватории и весьма интенсивно в ней работает.

С конца 1942 г. Я. И. начинает писать «Кинетическую теорию жидкостей» (удостоенную Государственной премии 1 степени в 1947 г.). Пишет он ее в тяжелых условиях военного времени и эвакуации, когда его «кабинет» в ФТИ представлял собой отгороженный несколькими шкафами угол зала Этнографического музея Казанского университета (в этом зале находилось несколько лабораторий ФТИ, разделенных друг от друга не доходившими до потолка фанерными перегородками). Кстати говоря, некоторые из экспонатов этого музея были в то время использованы по прямому назначению; в частности, в примитивных жерновах для помола зерна, принадлежавших некоему индейскому племени, один из сотрудников ФТИ помол добытую где-то рожь. Естественно, не было кабинета у Я. И. и дома. Такой кабинет он организовал в прачечной своей квартирхоозяйки. В этой прачечной, конечно, не было стола, его заменял лист фанеры, положенный на колени. В таких условиях летом и осенью 1943 г. Я. И. писал «Кинетическую теорию жидкостей», одну из своих лучших монографий (как считал и он сам). В этой книге подытоживалась двадцатилетняя работа Я. И. по теории жидкостей и реальных кристаллов. В истории науки редко встречаются примеры, когда физик излагал бы столь обширную область науки, основываясь в такой степени на собственных идеях и работах. Характерно для Я. И., что в этой монографии, как, впрочем, и всегда, он даже в изложении чужих работ проявляет оригинальность и далеко выходит за пределы обычного обзора.

Спустя год после выхода русского издания книга выпускается Издательством Оксфордского университета (1946 г.); работая над ее переводом на английский язык, Я. И. во многих местах улучшал и расширял изложение *).

За годы войны Я. И. опубликовал ряд статей, относящихся к теории вязкости жидкостей³⁵, и важную работу по статистической теории хрупкой прочности (совместно с Т. А. Конторовой)³⁶, в которой разрабатывается теория, объясняющая так называемый «масштабный фактор» — зависимость прочности тела от его размеров, — установленный и исследованный, главным образом, в работах А. П. Александрова и С. Н. Журкова **).

В 1943 г. Яков Ильич публикует на страницах Вестника АН СССР статью «Проблемы современной физики»³⁷, в которой содержится программа физических исследований на многие годы вперед в том виде, какой ее представлял себе Я. И. Не имея возможности излагать содержание этой статьи подробно, я ограничусь следующей выдержкой из нее:

«... Наибольший интерес в области физики имеют те проблемы, которые относятся либо к крайним, либо к промежуточным свойствам материальных тел. Этот вывод относится не только к физике, но в равной мере и к другим наукам. Более того, наиболее актуальные проблемы относятся не к тем явлениям, которые изучаются определенными, вполне сложившимися и обособившимися науками, а к «промежуточным» явлениям, образующим места стыка между ними. Это вполне естественно, так как именно такие промежуточные или пограничные явления представляются не только наиболее сложными, но, вместе с тем, наименее изученными. Сказанное относится, в частности,

*) В 1955 г. вышло американское издание книги, а в 1959 г. она была издана в качестве третьего тома собрания его трудов. В это последнее издание были внесены поправки и дополнения из английского варианта книги.

**) См., например, А. П. Александров и С. Н. Журков, Явление хрупкого разрыва, М., Гостехиздат, 1933.

к проблемам биофизики, рассмотрением которых физике давно уже пора серьезно заняться.

До последнего времени к решению биологических проблем физика привлекалась преимущественно биологами; физики же не обнаруживали особого интереса к этим проблемам (если оставить в стороне вопросы физиологической оптики и акустики). Я склонен думать, что в ближайшем будущем это положение должно решительно измениться, и что именно на этом участке фронта науки должны разыграться наиболее напряженные бои за новые успехи знания. Я не буду перечислять здесь проблемы биофизики, ибо им нет числа».

Это предсказание Я. И. полностью подтвердилось: широко известно стремительное проникновение физики в биологию, происходящее в последние годы все нарастающими темпами, и совершенно поразительные успехи так называемой молекулярной биологии.

Заметим, что и сам Я. И. выполнил ряд биофизических работ. Так, еще в 1938 г. он применил теорию полимерных веществ к вопросу о механизме мышечного сокращения, исходя из представления о том, что это сокращение вызывается процессом, аналогичным вулканизации резины и обусловленным выделением ионов при химических реакциях, сопровождающих раздражение мышцы³⁸.

В 1940 г. он развивает теорию электрических явлений, связанных с кавитацией, обусловленной ультразвуковыми колебаниями в жидкости³⁹, и выражающихся, например в случае воды, в появлении наблюдаемых на опыте электрических разрядов (искр) при распространении ультразвуковых волн. Подобные разряды возникают, по теории Я. И., в кавитационной полости за счет флуктуаций распределения растворенных в воде ионов посторонних веществ на ее стенках. Эти свои идеи Я. И. в мае 1939 г. развил в докладе, который прочел на проходившей в Ленинграде конференции, посвященной биологическому действию лучистой энергии, — в применении к влиянию УЗК на живые организмы (см. реферат его доклада в Архиве биологических наук *). В частности, в этом докладе Я. И. указывает на возможность использования УЗК для разрушения опухолей, благодаря возможности сфокусировать их в желаемой области (на глубине).

Отметим, наконец, что в течение ряда лет Я. И. интересуется вопросами, связанными с механикой живых организмов (т. е. передвижения человека, животных и насекомых). Уже после войны, консультируя одного из сотрудников Института протезирования, Я. И. предлагает оригинальную конструкцию протеза ноги, обеспечивающую свободное изгибание его в месте, соответствующем коленному суставу.

В 1944 г. Якову Ильичу исполнилось 50 лет. По весьма характерной случайности день своего юбилея он встречает в поезде Горький — Москва: он был приглашен в Горьковский университет для консультации одной из проводившихся там работ. Это обстоятельство прекрасно свидетельствует о том, в какой мере Я. И. был чужд всяческой мишуре и парадности.

После окончания войны работы Я. И. развиваются по трем основным направлениям: геофизике, молекулярной (и, в частности, экспериментальной) физике и теории поля.

Не останавливаясь на изложении основных результатов, полученных Я. И. в области физики Земли и атмосферы**), напомним здесь о том призывании, которое в последнее время получила его теория происхождения магнитного поля Земли (развита Я. И. в статьях^{40,41}), о чем уже упоминалось в начале этой статьи.

*) Архив биологических наук 55, вып. 3, 124 (1939).

**) Подробный анализ этих работ Я. И. (общее число которых достигает 20) дан во вступительной статье к избранным геофизическим работам, помещенным в третьем томе собрания его трудов.

Одной из характерных особенностей Я. И. было то, что с увлечением фундаментальными проблемами физики у него сочетался острый и живой интерес к конкретному физическому эксперименту. Он всегда находился в тесном общении с экспериментаторами, работавшими в самых различных областях физики.

Дверь в кабинет Якова Ильича в Физико-техническом институте выходила в актовый зал, и в те дни, когда там не было заседаний, у входа к Я. И. выстраивалась своеобразная очередь (словно в приемной врача) из теоретиков и экспериментаторов, сотрудников ЛФТИ и других ленинградских и иногородних институтов, желавших рассказать ему о своих работах и проконсультироваться.

Яков Ильич часто думал о том, чтобы организовать свою собственную экспериментальную лабораторию. Это желание не удалось осуществить в стенах ЛФТИ, где, видимо, к этой идее отнеслись как к своего рода чудачеству. Однако в Москве, во Всесоюзном институте авиационных материалов (ВИАМ), где Я. И. консультировал ряд работ, ему с готовностью пошли в этом плане навстречу, и такая лаборатория была организована в начале 1948 г. В ее стенах Я. И. начал быстро разворачивать работы, и уже в 1948 г., наряду со специальными задачами, она стала выполнять исследования, опубликованные в различных журналах, связанные с проблемами трения, взаимодействия жидких пленок и капель с поверхностью твердых тел и другими родственными вопросами, имеющими как самостоятельный, так и чисто прикладной технический интерес. Не останавливаясь на изложении всех работ, выполненных в этой лаборатории Я. И. и его сотрудниками, отметим те из них, которые касаются поведения жидких капель (и пузырьков) на твердой поверхности. В теоретической работе, посвященной этому вопросу ⁴², Я. И. выводит формулу для предельного угла наклона поверхности, превышение которого сопровождается скатыванием капли.

В следующей работе ⁴³ (совместно с Я. Ароном) зависимость от массы капли критического угла скатывания капель (ртути и воды), а также пузырьков воздуха с различных поверхностей исследовалась экспериментально, причем результаты опытов оказались в хорошем согласии с формулами, предложенными Я. И. На основе этих работ, и в частности работы по исследованию движения сплюснутых капель между двумя поверхностями ⁴⁴, Я. И. в письме в редакцию ЖТФ ⁴⁵ в 1950 г. выдвигает идею о замене шариков в подшипниках каплями жидкости, плохо смачивающей соответствующие трущиеся поверхности и обладающей малой вязкостью (ртуть или сплав Вуда в жидком состоянии), в особенности в тех случаях, когда силы, прижимающие друг к другу эти поверхности, сравнительно невелики.

К указанной группе исследований примыкают две теоретические работы Я. И., выполненные сразу же после войны ^{46,47}. Развите им в работе ⁴⁷ представления о вязком течении в кристаллических телах являются признанным теоретическим обоснованием процесса спекания металлических порошков (порошковая металлургия).

Спекание спрессованного порошка, по Я. И. Френкелю, происходит в две фазы. Первая из них — «слияние капель» — состоит в сближении зерен металлического порошка и увеличении площади их контакта; в результате в спрессованной массе возникают дополнительные пустоты (поры). «Запльвание» этих пор составляет вторую фазу процесса спекания; обе фазы осуществляются под действием сил поверхностного натяжения, на основе вязкого течения. Указанные работы, в сочетании с предыдущими — о диффузии и самодиффузии в твердых телах, — послужили исходным пунктом для целого ряда работ, выполненных украинскими физиками (в первую очередь Б. Я. Пинесом и его сотрудниками) в течение

последних лет *). В процессе проведения этих исследований были подробно изучены явления возникновения дополнительной пористости при неравномерной парциальной гетеродиффузии атомов в твердых телах. Вакансии, которые остаются при этом в кристаллической решетке на местах атомов более быстро диффундирующего компонента, образуют пересыщенный раствор, а распад этого раствора, т. е. выделение избыточных вакансий, и ведет к образованию пор. Это явление получило название эффекта Френкеля, как совместимое только с вакансионным механизмом диффузии, указанным Я. И., и подтверждающее этот механизм.

Последняя группа работ Якова Ильича относится к общим вопросам квантовой механики — к полевой теории материи.

Этим вопросам посвящены четыре печатные^{48, 49, 50, 51} и несколько неопубликованных статей, над которыми Я. И. работал в течение последних 2—3 лет жизни.

В этих статьях рассматриваемые Я. И. общие физические вопросы перекликаются с философскими. В этой связи представляют интерес обнаруженные в его архиве материалы, относящиеся к книге, озаглавленной им «Теория познания физических наук»: план этой книги, предисловие к ней и начало первой главы **). Этот план я полагаю уместным здесь воспроизвести.

ПЛАН КНИГИ

I. Сходство и различие

1. Познание и узнавание. 2. Физические аналогии. 3. Формальные (математические) аналогии. 4. Стрoение физической теории и отношение ее к опыту (прямые и непрямыe опыты). 5. Отношение математической теории к физической реальности.

II. Причина и следствие

1. Сосуществование и последовательность причин и следствий в механике и электродинамике. 2. Взаимность причин и следствий и устойчивость в физических явлениях. 3. Неустойчивость в жизненных явлениях. 4. Антропоморфность причинности и замена ее закономерностью. 5. Закономерность и случайность в статистике и механике (статистическая закономерность; случайность).

III. Изменение и постоянство

1. Константы изменения и законы сохранения. 2. Инвариантные вещи и отношения*. 3. Ковариантность и относительность. 4. Многообразие и однообразие. 5. Понимание, как сведение к постоянству и однообразию.

* П р и м е ч а н и е. Исключение субъективных моментов путем инвариантности или симметрии (обезличка).

IV. Макроскопическое и микроскопическое рассмотрение

1. Микроскопические теории макроскопических явлений. 2. Макроскопические теории микроскопических явлений. 3. Модельные представления и природа материи. 4. Прерывность и непрерывность. 5. Роль наблюдателя и кванты действия.

Наряду с перечисленными многогранными работами, Яков Ильич, как и всегда, продолжал вести интенсивную педагогическую деятельность. Результатом ее было, в частности, опубликование второго, расширенного издания «Статистической физики» (1948 г.) и «Введения в теорию металлов» (издания 1950 и 51 гг.; посмертное издание 1958 г.). Последняя книга выдержала, кстати, четыре издания за рубежом.

В 1946 г. Я. И. опубликовал небольшую книжку «Освобождение внутриатомной энергии», переизданную им вскоре в существенно расширенном виде под названием «Принципы теории атомных ядер» (1950 г.; посмертное издание 1955 г.).

*) Б. Я. П и н е с, УФН 52 (4), 601 (1954); Б. Я. П и н е с и А. Ф. С и р е н к о, I Самоиндукция и гетеродиффузия в неоднородных телах; II. Прямой и обратный эффект Френкеля, ЖТФ 28 (8), 1748 (1958); III. Проявление эффектов Френкеля и Киркендала при спекании образцов из смесей порошков взаимно диффундирующих металлов, ЖТФ 29 (5), 653 (1959).

**) Работа над книгой относится к концу сороковых — началу пятидесятых годов.

В последний год жизни Я. И. приступил к подготовке нового издания «Волновой механики», написав заново целый ряд ее параграфов, и имел в виду переиздать свою «Электродинамику» (план нового издания также сохранился в его бумагах). За неделю до смерти Я. И. получает сообщение о включении в план издательства Академии наук его «Кинетической теории жидкостей» (которую он намеревался существенно переработать и издать под названием «Кинетическая теория твердых и жидких тел»).

Яков Ильич был исключительно здоровым человеком и никогда не болел: только человеку крепкого здоровья могла оказаться под силу та огромная и напряженная работа, которую он вел всю свою жизнь. Однако последние 2—3 года жизни он стал себя чувствовать хуже; летний отдых, по его словам, не снимал, как раньше, накопленную за год усталость.

В октябре 1951 г. состояние здоровья принудило Я. И. прервать работу и провести два месяца в доме отдыха. Вернувшись в Ленинград, он продолжал работать до последнего дня своей жизни.

Скончался Яков Ильич в ночь на 23 января 1952 г.

Я надеюсь, что в этой статье достаточно выпукло — хотя и в самых общих чертах — охарактеризована степень важности вклада Я. И. в развитие современной теоретической физики. Мне хотелось бы в заключение особо подчеркнуть громадную роль Я. И. в развитии теоретической физики в нашей стране. Не случайно ему пришлось в молодости быть самоучкой в теории: для нашей отечественной теоретической физики он сыграл роль пионера в очень многих важных ее разделах, возникших в нашем веке; он не только творчески развивал эти разделы физики, но и впервые знакомил с ними нашу студенческую молодежь и наши основные научные кадры физиков.

ЦИТИРОВАННЫЕ РАБОТЫ Я. И. ФРЕНКЕЛЯ

1. ЖРФХО, ч. физ. 49, вып. 1, 19 (1917); вып. 2, 33 (1917); вып. 3—10, 73 (1917); 50, вып. 4—6, 238 (1919).
2. ЖРФХО, ч. физ. 49, вып. 2, 100 (1917); 50, вып. 1—3, 5 (1919).
3. Автомобиль, № 19, 6751 (1916).
4. Trans. Farad. Soc. 39, 201 (1943).
5. Zs. Phys. 37, 243 (1926).
6. Zs. Phys. 37, 572 (1926).
7. ЖРФХО, ч. физ. 56, вып. 5—6, 505 (1924).
8. Atti del Congresso Internazionale dei Fisici, Como. Bologna, 1927, Capitolo IV, Electrologia, 66—103.
9. Zs. Phys. 49, 31 (1928).
10. Zs. Phys. 50, 234 (1928).
11. Nature 126, 274 (1930) (совм. с Я. Г. Дорфманом).
12. УФН 30, 11 (1946).
13. ЖРФХО, ч. физ. 56, вып. 2—3, 148 (1924).
14. Report of Phys.-Techn. Roentgen Inst., 1926, стр. 41.
15. Zs. Phys. 35, 652 (1926).
16. Zs. Phys. 47, 786 (1928).
17. Phys. Rev. 37, 17 (1931).
18. Phys. Rev. 37, 459 (1931).
19. ЖЭТФ 6, 647 (1936).
20. Phys. Zs. Sowjetunion 1, 60 (1932).
21. Изв. АН СССР, сер. физ. 1—2, 371 (1936).
22. Trans. Farad. Soc. 33, 1 (1937).
23. Acta Physicochimica URSS 3, 633, 913 (1935); 167 (1935)
24. ЖЭТФ 6, 902 (1936).
25. Изв. АН СССР, сер. физ. 1—2, 343 (1936).
26. Phys. Zs. Sowjetunion 9, 533 (1936).
27. Изв. АН СССР, сер. физ. 1—2, 233 (1938).
28. ЖЭТФ 9, 641 (1939).
29. Acta Physicochimica URSS 9, 235 (1938).

30. ЖЭТФ 9, 952 (1939).
31. ЖЭТФ 9, 1094 (1939) (совм. с С. Е. Бреслером).
32. ЖЭТФ 8, 89, 1340 (1939); Phys. Zs. Sowjetunion 13, 1 (1938) (совм. с Т. А. Конторовой).
33. ЖЭТФ 12, 171 (1942).
34. ЖЭТФ 15, 409 (1945).
35. Труды Совещания по вязкости жидкостей и коллоидных растворов, М.—Л., Изд-во АН СССР, т. I, 1941 г., стр. 11; т. II, 1944, стр. 24.
36. J. Phys. USSR 7, 109 (1943).
37. Вестник АН СССР, № 4—5, 89 (1943).
38. ДАН СССР 20, 129 (1938); Acta Physicochimica URSS 9, 251 (1938).
39. ЖФХ 14, 305 (1940).
40. ДАН СССР 49, 98 (1945).
41. Изв. АН СССР, сер. физ. 11, 607 (1947).
42. ЖЭТФ 18, 799 (1948).
43. ЖЭТФ 19, 807 (1949) (совм. с Я. Б. Ароном).
44. ДАН СССР 71, 37 (1950) (совм. с О. А. Шпанской).
45. ЖТФ 20, 1927 (1950).
46. ЖЭТФ 16, 39 (1946).
47. ЖЭТФ 16, 435 (1946).
48. ЖЭТФ 16, 326 (1946).
49. ДАН СССР 64, 507 (1949).
50. УФН 42, 69 (1950).
51. УФН 44, 110 (1951).

СПИСОК ДОПОЛНИТЕЛЬНО ОБНАРУЖЕННЫХ РАБОТ Я. И. ФРЕНКЕЛЯ*)

1. Механические условия работы дифференциала, «Автомобиль», № 19, 6751 (1916).
2. Природа сил молекулярного сцепления в газообразных и жидких телах, УФН 4, 394 (1924).
3. Существует ли внутриатомная энергия и можно ли ее использовать? Статья в книге Г. Гюнтера «Технические мечтания», Л., Книгоизд-во «Сеятель», 1925, стр. 117.
4. Природа химического сродства, УФН 9, 515 (1929).
5. Две теории Эйнштейна, Научное слово, № 4, 16 (1930).
6. Магнитные явления, Ун-т физ.-хим. и энергетики им. акад. Н. Д. Зелинского, М.—Л., ОНТИ, вып. XIII, 1936.
7. Сверхпроводимость, Ун-т физ.-хим. и энергетики им. акад. Н. Д. Зелинского, М.—Л., ОНТИ, вып. VIII, 1936.
8. О механизме прохождения электрического тока. Ун-т физ.-хим. и энергетики им. акад. Н. Д. Зелинского, М.—Л., ОНТИ, вып. IX, 1936.
9. Отдел теоретической физики в книге «Проблемы современной физики в работах ФТИ», М.—Л., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 71.
10. К теории атомного ядра. Выступление в прениях по докладу И. Е. Тамма на мартовской сессии физ.-матем. отд. АН СССР, Изв. АН СССР, сер. физ., 13, 343 (1950).
11. Атмосферное электричество и грозовые явления. Тр. Главной геофизической обсерватории им. Воейкова, № 03, 9 (1948).
12. Об извлечении электричества из атмосферы. Тр. Главной геофизической обсерватории им. Воейкова, № 03, 44 (1948).

*) Полная библиография трудов Я. И. Френкеля приведена во втором томе его избранных трудов, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1958.