



Л. И. МАНДЕЛЬШТАМ

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

КРАТКИЙ ОЧЕРК ЖИЗНИ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕОНИДА ИСААКОВИЧА МАНДЕЛЬШТАМА *)

Н. Д. Папалекси

27 ноября 1944 г. мировая физика и особенно физики нашего Союза понесли исключительно тяжёлую утрату — скончался Леонид Исаакович Мандельштам, действительный член Академии Наук СССР, замечательный учёный, глубокий мыслитель и талантливейший учитель, человек исключительных душевных качеств, в высшей степени скромный, высокопринципальный и высокогуманный.

С именем Леонида Исааковича связан не только ряд фундаментальных открытий в области физики, обусловивших коренные сдвиги в науке, но также и возникновение новых областей техники. Открытие явления комбинационного рассеяния света, теория микроскопа, исследования флуктуационного рассеяния света, теория нелинейных колебаний, открытие новых видов резонанса и обобщение и углубление понятия резонанса, исследование распространения радиоволн, фундаментальные работы в области радиотехники, новая область техники — радиогеодезия, новый вид генерации электромагнитной энергии — параметрические машины, — вот неполный список его главнейших достижений; к этому списку можно было бы присоединить ещё ряд других работ, не менее важных, которые не были опубликованы вследствие исключительной, почти болезненной требовательности Леонида Исааковича к стандарту своих сообщений. Может быть, достаточно указать на обнаружение инерции электронов в металлах, теоретически обоснованное и качественно установленное на опыте ещё в 1912 г., за несколько лет до классических опытов Стюарта — Толмена.

Жизнь Леонида Исааковича не отличалась внешним блеском. Он никогда не добивался внешних почестей, не старался играть какую-либо роль, ему совершенно чужды были честолюбие и славолубие. Но тем полнее и богаче была его внутренняя жизнь. Это

*) Речь, произнесённая на собрании, посвящённом памяти академика Л. И. Мандельштама, состоявшемся в Доме учёных в Москве 22 декабря 1944 г.

была прекрасная жизнь истинного ученого и глубокого мыслителя, искателя научной истины, человека исключительного душевного благородства.

Сейчас пока ещё невозможно дать полную картину всей замечательной деятельности Л. И. и справедливую оценку его выдающихся научных достижений. Позвольте мне, на долю которого выпало исключительное счастье на пороге своей научной жизни встретиться с Л. И., с которым в течение почти 45 лет нас соединяла общая работа и близкие отношения, попытаться вкратце изложить перед вами основные даты прекрасной жизни и научной деятельности этого замечательного человека.

Леонид Исаакович родился 22 апреля ст. ст. 1879 г. в высокоодарённой семье, из которой вышли выдающиеся учёные, врачи, писатели, музыканты. Его отец был выдающийся, весьма популярный на юге России, врач; его мать — прекрасная пианистка. Детство Л. И. протекало в атмосфере высокой морали и гуманности. Среднее образование Л. И. получил во 2-й Одесской гимназии. Уже в гимназии Л. И. выделялся своими способностями, особенно математическими, и разносторонностью своих интересов. С самого детства Л. И. очень любил книги, музыку, театр, вообще искусство, всякие игры, особенно умственные, и эти вкусы остались у него на всю жизнь, а любовь к книгам доходила до страсти.

По окончании гимназии в 1897 г. с медалью, Л. И. поступил на физико-математический факультет Новороссийского университета. В 1899 г. Л. И., принимавший участие в студенческих волнениях, был исключён из университета и поехал продолжать свое образование за границу, где и поступил на физико-математический факультет Страсбургского университета. В то время кафедрой экспериментальной физики занимал и одновременно был директором Физического института выдающийся физик — Фердинанд Браун, уже тогда известный своими работами в области термодинамики (принцип Брауна — Ле-Шателье) и электрических явлений, а особенно широко как создатель электрометра Брауна и катодной трубки Брауна. В этот период (начиная с 1898 г.) научные интересы Брауна были направлены, главным образом, на только что зародившуюся тогда новую область применения электричества — радиотелеграфию, за работы в области которой он, как известно, получил в 1909 г., совместно с Маркони, Нобелевскую премию по физике.

Кафедру теоретической физики в то время занимал проф. Эмиль Кон, который тогда как раз заканчивал свой хорошо известный курс «Электромагнитное поле». Лекции по математике читали выдающиеся математики: аналитик Генрих Вебер и геометр Райе.

Проф. Браун, не только выдающийся физик, но и прекрасный учитель и человек, очень скоро обратил внимание на высокоталантливого молодого учёного, оценил выдающиеся качества Л. И. и предоставил ему полную возможность для научной деятельности.

В свою очередь и Л. И. высоко ценил Брауна и на всю жизнь сохранил к нему глубокое уважение и признательность. Естественно, что под влиянием Брауна Л. И. начал заниматься вопросами электрических колебаний в связи с радиотелеграфией.

Первое время после возникновения радио, в 1895—1896 гг., физическая сторона процессов в радиопередатчике и радиоприёмнике ещё долго оставалась неясной. Не было даже точно известна длина волны, на какой работали первые передатчики, да и практически не существовало методов измерения её. Не существовало также и приборов для измерения высокочастотных токов и напряжений, кроме самых грубых — архаического воздушного термометра Рисса и искромера. Всё это очень затрудняло и на первых порах почти полностью затормозило развитие радио. Брауну, как физику, было совершенно ясно, что первоочередной задачей является создание адекватных методов измерений и, прежде всего, разработка методов измерения и контроля длины волны электрических колебаний. С этой целью Браун предложил Л. И. в конце 1900 г. в качестве темы диссертационной работы разработку методики измерения и контроля частоты электрических колебаний, основанную на зависимости полного электрического сопротивления от частоты. Уже в этой первой научной работе Л. И. наместились основные черты его научного творчества. Он оригинально подошёл к решению поставленной ему задачи, применив нулевой метод и дифференциальную схему, причём в качестве индикатора колебаний был использован специально им сконструированный двойной воздушный электрический термометр Рисса, и дал исчерпывающий анализ метода. Эта работа под названием «Bestimmung der Schwingungsdauer oscillatorischer Kondensatorentladung» была им представлена в качестве диссертации. В 1902 г., по сдаче требуемых испытаний с высшим отличием (*summa cum laude*), Л. И. получил степень доктора *phil. nat.* Страсбургского университета.

После окончания университета Л. И. некоторое время в качестве личного ассистента Брауна принимал активное участие в лабораторных заводских исследованиях и практических испытаниях на Балтике приёмно-передающих радиоустройств. Хотя при этих испытаниях и были достигнуты хорошие для того времени результаты, однако у Л. И. осталась большая неудовлетворённость ими, так как ему было ясно, что эти устройства не были эффективно использованы, ввиду того, что многие стороны колебательных процессов в них оставались неясными. В результате проведённого им теоретического анализа, Л. И. пришёл к казавшемуся тогда совершенно парадоксальным заключению, что не увеличение связи между антенной и промежуточным контуром сложной схемы приёмного устройства, к чему тогда стремились, должно повести к увеличению силы приёма, а, наоборот, к этой цели должно повести значительное ослабление связи, причём одновременно с улучшением приёма должна повыситься и его селективность.

Экспериментальная проверка полностью подтвердила эти выводы. Это первое изобретение Л. И. в области радиотехники, так называемая «слабая связь», — ознакомило собой существенный этап в истории развития радиосвязи и сделала сразу его имя известным в кругу специалистов.

В 1903 г. Л. И. был зачислен в штат Страсбургского Физического института вторым ассистентом (первым ассистентом был в то время известный радиоспециалист Ценнек), а вскоре затем и первым ассистентом. Здесь на обязанности Л. И. лежало руководство научными работами как докторантов, так и учёных разных стран, приезжавших работать в знаменитом Страсбургском Физическом институте, созданном Кундтом и в котором работали в своё время многие наши выдающиеся физики: Лебедев, Голицын, Эйхенвальд, Шегляев и др. Молодые учёные иногда приезжали уже со своими темами, но большей частью получали их от проф. Брауна, а вскоре и от Л. И.

Л. И., который с исключительной добросовестностью относился к своим обязанностям, должен был усиленно работать над собой, чтобы успешно руководить научными работами.

Эти годы, до 1907 г., которые могут быть названы первым страсбургским периодом, были в жизни Л. И. годами расширения знаний, годами научного роста и созревания. В это время окончательно сформировались все основные черты его, как учёного. Л. И. очень много работал, основательно изучил классический трактат Релея «Теория звука», работы Лоренца по электронной теории, «Кинетическую теорию газов» Больцмана, читал сочинения Гельмгольца и других классиков физики. Исключительно одарённый математически, он усиленно изучал также различные разделы математики (дифференциальные уравнения, теорию вероятностей), к которой он всегда чувствовал особое влечение. Наряду с этим его глубоко интересовали история физики, философия науки, теория познания. Он основательно познакомился с английскими философами.

Особое влияние на Л. И. оказал замечательный английский физик Релей. Его изумительная разносторонность, глубина анализа, несравненное умение выделить существенную сторону вопроса, наглядно и выпукло показать его физическую сущность, дать теорию, пользуясь простейшим, но вполне адекватным математическим аппаратом, — все эти качества творений Релея отвечали стремлениям и особенностям ума Л. И. и вызывали в нём особый резонанс, были ему «конгениальны». И, действительно, в характере ума у Л. И. было много общего с Релеем, и не случайно, что пути их научного творчества часто шли параллельно и неоднократно перекрещивались. Не подлежит сомнению, что атмосфера электромагнитных колебаний, в которую попал Л. И., вступая в научную жизнь, а также влияние «великого колебателя» Релея сыграли очень большую роль в формировании основных направле-

ний его научной деятельности и определили тот колебательный подход, который так характерен для творчества Л. И.

Начало научной деятельности Л. И. совпало с эпохой торжества максвелловой электромагнитной теории поля, с триумфальным шествием электромагнитной теории света, которая после знаменитых опытов Герца нашла своё наиболее совершенное практическое выражение в радио. Это было также время стремительного развития лоренцовой электронной теории, которая в рамках классической электродинамики раскрывала взаимоотношения между электромагнитными волнами и веществом. Правда, уже тогда ряд новых открытий в физике — фотоэффект, лучи Рентгена, лучи урана, открытие радиоактивности полония и радия — как бы бросал тень грядущих научных переворотов вперёд, ставя неразрешимые загадки для классической теории. Правда, уже тогда у некоторых физиков (Планк) возникла мысль, что для объяснения вопросов испускания и поглощения света представления классической электродинамики о непрерывном волновом характере светового излучения являются не адекватными, однако почти все физики в то время полностью стояли на почве классической электромагнитной теории поля и электронной теории.

Талантливый молодой учёный, попавший почти со школьной скамьи в «атмосферу» электромагнитных колебаний и нового чудесного их применения — радио, не мог не поддаться очарованию этой в высшей степени интересной и в то же время во многих отношениях ещё загадочной области знания. Поэтому не удивительно, что первое время Л. И. всецело занимался вопросами колебаний. Однако глубокая, пытливая натура Л. И., стремившаяся к широкому обобщению, к охвату различных областей физики и выяснению их взаимной связи, по мере его научного роста, не могла длительно удовлетворяться изучением этой одной, хотя и весьма увлекательной, но всё же сравнительно узкой, области физики. Хотя интерес к вопросам колебаний и к их разнообразным научным и практическим применениям, особенно радио, оставался живым всю его жизнь, круг научных интересов Л. И. непрерывно расширялся и углублялся.

Совершенно естественным представляется поэтому постепенное перемещение центра научных интересов Л. И. от электромагнитных колебаний и волн в свободном пространстве, с какими имеют дело в радио, к взаимодействию между электромагнитными волнами и веществом, а именно к вопросам прохождения света через различные среды, и в первую очередь к вопросам дисперсии. Его первое исследование в этой области, в котором он подверг тонкому анализу вопрос о прохождении света через оптически однородные и мутные среды, было представлено весной 1907 г. как диссертация для получения права читать лекции (*venia legendi*) в качестве приват-доцента Страсбургского университета. Характерно, что пробная лекция Л. И. была посвящена электромагнитной теории света Максвелла.

С этого года для Л. И. начался период чрезвычайно интенсивной и плодотворной работы. Уже с самого начала Л. И. проявил себя как исключительно талантливый лектор, прекрасный экспериментатор, тщательно готовившийся к лекциям и иллюстрировавший их очень часто им самим придуманными блестящими демонстрациями. Из них следует отметить его прибор с маятниками, точно и правильно демонстрирующий явления в связанных системах при различных связях, а также прибор для демонстрации основных соотношений специального принципа относительности.

Сначала Л. И. читал отдельные курсы по различным вопросам физики, а с 1910 г. курс телеграфии и телефонии для специализирующихся в этой области. В 1913 г. он получил звание профессора.

Хотя подготовка к лекциям и занятия со студентами и докторантами отнимала у Л. И. значительную часть времени, всё же он находил много времени для собственных работ. В этот, можно сказать, второй страсбургский период его деятельности, до начала первой мировой войны, полностью созрел и проявился его замечательный талант физика, выявились все характерные черты его как учёного. Как я уже упоминал, в круг его научных интересов, наряду с вопросами электромагнитных колебаний и радио, постепенно включались всё новые области физики.

Ещё к первому страсбургскому периоду, а именно к 1904 г., относится первая из наших опубликованных совместно многочисленных работ в области колебаний и радио, которые продолжались как в Страсбурге, так и в России до самого последнего времени. Эта работа касалась создания метода получения сдвинутых на фазе идентичных по форме искровых затухающих колебаний, который лёг в основу первых опытов по направленной радиотелеграфии с помощью интерференции радиоволн. Я не буду касаться здесь других наших работ, я хотел бы только упомянуть из страсбургских работ о новом исключительно чувствительном методе измерения частот и логарифмических декрементов электромагнитных колебаний и новом оригинальном высокочастотном приборе — так называемом индукционном динамометре, принцип которого лёг в основу приборов, непосредственно показывающих частоту и затухание электрических колебаний и других электрических величин.

Очень характерна для Л. И. относящаяся к области распространения радиоволн его весьма содержательная полемика с известным радиоспециалистом Флемингом по вопросу о направленном действии согнутой антенны Маркони. В ней Л. И. убедительно показал, что направленное действие такой антенны нельзя объяснить, если предполагать землю абсолютно проводящей, и указал, в чём заключается математическая ошибка Флеминга.

Начатые Л. И. в его приват-доцентской диссертации исследования рассеяния света продолжались всю его жизнь, всё расширяясь и углубляясь, достигнув здесь, в Москве, в 1928 г., в известном

смысле, апогея замечательным открытием совместно с Г. С. Ландсбергом комбинационного рассеивания света.

Блестящим примером тонкого анализа Л. И., его неумолимой логики, является его весьма содержательная по существу полемика с крупнейшим теоретиком Планком по весьма принципиальному вопросу — о возможности релеевского рассеивания света в совершенно однородных средах, о котором сам Релей имел неправильное представление. В этой полемике Л. И. окончательно доказал невозможность такого рассеяния и показал, в чём заключается корень неправильных теоретических выводов Планка и других теоретиков в этом вопросе.

Придя к заключению, что релеевское рассеяние света нельзя объяснить одним беспорядочным движением молекул, если число их достаточно велико, Л. И. старался выяснить физическую природу этого рассеяния. Он постепенно пришёл к тому же выводу, что и Смолуховский (который первый сформировал его и опубликовал), а именно, что причиной релеевского рассеяния являются беспорядочно возникающие и рассасывающиеся в среде неоднородности плотности — так называемые флуктуации плотности. Развивая эти представления, Л. И. пришёл к заключению, что такие неоднородности должны особенно легко возникать вблизи критической точки перехода пар — жидкость. В частности, Л. И. считал, что особенно благоприятны должны быть в этом случае условия для наблюдения рассеяния света на границе раздела жидкость — пар; Л. И. дал теорию явления для этого случая и подтвердил её очень убедительными и показательными опытами.

На первый взгляд представляются совершенно не связанными с предыдущими замечательные работы Л. И. по теории микроскопа. В основе классической теории микроскопа Аббе лежало рассмотрение объектов, освещённых посторонним светом (не самосветящихся), и Аббе, исходя из когерентности отражённых от объекта лучей, физически очень наглядно показал, чем определяется предельная разрешающая сила микроскопа, за которой никакое усиление не позволяет различать структуру объекта. Вследствие этого, в кругах оптиков постепенно сложилось убеждение, что существует принципиальное различие между различимостью объектов, освещённых когерентными лучами, и самосветящихся объектов, испускающих из различных точек некогерентные лучи. Следует подчеркнуть, что и высказывания самого Релея по этому вопросу отличались большой неясностью. В анализе этого вопроса Л. И. проявил свойственную ему остроту и глубину мысли и тонкое понимание физической сущности. Л. И. внёс полную ясность в этот вопрос: исчерпывающе рассмотрев его, дал впервые теорию изображения самосветящихся объектов и чрезвычайно остроумными опытами показал, что практически нет разницы в разрешающей способности микроскопа как для случая освещённых, так и самосветящихся объектов. Л. И. дал также строгую математическую теорию оптических изо-

бражений, применив для этого наиболее адекватный и элегантный метод решения, в котором он пользуется только что ставшими известными интегральными уравнениями. Может быть интересно подчеркнуть для характеристики математического таланта Л. И., что (как на это указывали и математики) эта работа явилась первым примером применения интегральных уравнений к физической задаче, решение которой не только до тех пор не было, вообще, получено другими математическими средствами, но и иначе не может быть математически просто сформулировано. Эти замечательные работы Л. И. в области оптики вызвали, в известном смысле, сенсацию и послужили предметом полемики (например, с Люмером).

К этому периоду относится ещё одно исследование Л. И., которое очень выпукло и наглядно рисует многогранность его таланта, его способность объединять, казалось бы, не схожие между собой явления. Коренной и наиболее важной проблемой, которую поставила радиотелеграфия уже с самого начала, была проблема распространения радиоволн вдоль земной поверхности, которая привлекла к себе внимание таких крупных физиков и математиков, как Зоммерфельд, Пуанкаре и др. В 1909 г. появилась фундаментальная работа Зоммерфельда, в которой он дал теорию распространения электромагнитных волн от излучающего источника, находящегося на поверхности раздела земля—воздух. Эта теория приводила к существенным отличиям между радиоволнами и волнами света. Л. И. ищет аналога этому случаю в оптике и приходит к заключению, что это различие вызвано тем, что в случае радиоволн источник излучения расположен либо на самой поверхности, либо на расстоянии от неё малом или сравнимом с длиной, в то время как в оптике длина световой волны настолько мала, что это расстояние всегда велико по сравнению с ней. Отсюда вытекало, что световые явления, аналогичные радиотелеграфному случаю, должны также иметь место, но только тогда, когда расстояние источника света от поверхности мало или сравнимо с длиной волны света. Л. И. с помощью остроумных и, как всегда, убедительных опытов осуществляет этот случай в оптике, используя в качестве излучающего источника светящиеся точки поверхности флуоресцирующей жидкости (флуоресценна); Л. И. рассмотрел этот случай и теоретически, и при этом, исходя из общей теоремы Лоренца, впервые сформулировал применительно к точечным источникам так называемую теорему взаимности в радиотелеграфии. Заметим, что эта важная теорема была впоследствии (в 1925 г.), применительно к радиотелеграфии, подробно рассмотрена Зоммерфельдом, который, однако, допустил при своём рассмотрении некоторые неправильности. На эти неправильности обратил внимание Л. И., и в работах его учеников, в Москве, этот принцип получил свою полную формулировку и разнообразное применение.

Весьма характерным примером колебательного подхода Л. И. к решению различных вопросов оптики является и его чрезвычайно

остроумный метод определения затухания световых осцилляторов. Рассматривая эти осцилляторы с классической точки зрения, как электромагнитные резонаторы, Л. И. применил для определения их затухания известный в учении о колебаниях метод кривой резонанса Бьеркнесса. Для этой цели Л. И. измерялось поглощение в парах натрия одной из D-линий, испускаемых светящимися парами натрия другого источника света. Для требуемого в методе Бьеркнесса плавного изменения длины волны света Л. И. использовал эффект Зеемана.

Во всех этих работах Л. И. стоял на почве последовательного применения классической электромагнитной теории света и теории электронов. Стройная, строго-логическая структура величественного физического здания, построенного на их фундаменте, и так легко, непринужденно и, казалось, всеобъемлюще охватывающая всё учение об электрических явлениях, отвечала складу его математического ума. Однако Л. И. ясно ощущал все трудности и противоречия, с которыми встречалась теория, особенно при объяснении таких опытов, как знаменитые опыты Майкельсона, которые без принуждения не укладывались в рамки классической теории. Поэтому, как по складу своего ума, так и по своему глубокому физическому миропониманию, Л. И. оказался подготовленным к восприятию принципа относительности Эйнштейна, который для большинства физиков того времени явился как бы ударом обуха по голове. Его полное признание, как известно, совершалось лишь постепенно, под большим натиском опытных фактов, а некоторые физики до сих пор не понимают и не принимают его.

Л. И. не только один из первых очень быстро полностью усвоил всё физическое значение и всю глубину принципа относительности, вызвавшего один из крупнейших переворотов в нашем физическом миропонимании, но сразу же много сделал для его разъяснения и пропаганды. По его идее тогда уже был построен прибор, наглядно демонстрирующий необычные соотношения, вытекающие из принципа относительности.

Впоследствии в Москве Л. И. распространил принцип относительности на анизотропную среду и в ряде работ, и особенно в своих блестящих лекциях, излагал, в непревзойдённой по глубине и тонкости мысли ясности, простоте и изяществу форме, эти весьма трудные вопросы физики.

Более выжидательно отнёсся Л. И. к первым шагам квантовой теории, хотя и полностью ощущал неспособность классической теории дать удовлетворительное объяснение таким явлениям, как фотоэффект, распределение энергии в спектре чёрного тела, линейчатый спектр водорода и др. Л. И. вполне признавал эвристическое значение квантовой гипотезы, но его не удовлетворил рецептурный характер теории в первое время. Впоследствии, после знаменитых исследований Бора и Зоммерфельда, и особенно после работ Де-Бройля, Шредингера и Гейзенберга, для Л. И., много думавшего

над этими вопросами и вполне уяснившего себе связь классической теории с квантовой и глубокое физическое значение квантовой механики для объяснения явлений в микромире, она получила полное логическое обоснование, которое он и блестяще выражал в своих московских лекциях и работах.

Надвигалась зловещая угроза первой мировой войны, и в конце июля 1914 г., после окончания лекций, Л. И. с семьёй спешно выехал на родину, куда и приехал в день объявления войны. В нормальной научной деятельности Л. И. наступил теперь длительный вынужденный перерыв (с 1914 по 1924 г.). Однако, интенсивная научно-техническая и педагогическая деятельность Л. И. не прерывалась. В 1915 г. Л. И. был избран физико-математическим факультетом Новороссийского университета в Одессе приват-доцентом по кафедре физики; в конце 1915 г. он был приглашён научным консультантом на Радиотелеграфный завод в Петрограде (теперь имени Казицкого). Здесь он руководил лабораторными исследованиями и практическими разработками в области радио, столь важной для обороны. Для того, чтобы охарактеризовать разносторонность и широту научно-технического диапазона Л. И., я укажу, что, с одной стороны, им в это время была разработана технология изготовления оксидированной проволоки и налажено её производство, а с другой стороны, в связи с вопросами градуировки волномеров, им был дан и разработан, первый вообще, абсолютный метод измерения радиочастот, принцип которого лёг в основу методики таких измерений.

Осенью 1917 г. Л. И. переехал в Тбилиси, где он был избран и. д. ординарного профессора физики Политехнического института. Одновременно Л. И. состоял также профессором Высших женских курсов.

В 1918 г. Л. И. переехал в Одессу, и в качестве ординарного профессора по кафедре физики принял активнейшее участие в организации Одесского политехнического института, где им была создана, буквально на пустом месте, физическая лаборатория, собраны нужные физические приборы, поставлено чтение лекций по физике с демонстрациями и налажен весь учебный процесс по физике на высоком научном уровне. Блестящие лекции Л. И., к которым он всегда очень тщательно готовился и в которых он не только стремился с предельной ясностью изложить физические основы, но и, по возможности, наглядно продемонстрировать существенные стороны явлений, всегда привлекали полную аудиторию. Наряду с педагогической деятельностью, которая занимала почти всё его время, Л. И. состоял научным консультантом Одесского радиозавода.

Высокоразвитое чувство долга Л. И. проявилось в это время в полной мере. Его сотрудники и ученики хорошо помнят, в каких тяжёлых условиях приходилось тогда читать лекции и проводить занятия (нетопленные помещения, атмосфера настоящего голода, так как это был период блокады и оторванности не только от мировой науки, но и от культурных центров нашей страны). Однако, это не останавли-

вало Л. И., и он не только регулярно читал обязательные лекции, но ещё читал по своей инициативе для нескольких заинтересованных студентов курс колебаний. Л. И. очень страдал из-за оторванности от мировой науки, вызванной блокадой. Полученная им в 1921 г. от научных друзей фундаментальная книга Зоммерфельда «Строение атома и спектральные линии» явилась для Л. И. большой радостью, и он горячо приветствовал возможность снова приобщиться к мировой научной мысли. Напоминаю, что в то время в физическом мировоззрении происходила коренная перестройка понятий и представлений, вызванная революционным вторжением в науку общей теории относительности и квантовой теории.

В конце 1922 г. Л. И., по приглашению Треста заводов слабого тока, переехал в Москву, где он в качестве научного консультанта руководил научными исследованиями и научно-техническими разработками в радиолaborатории, преобразованной, после переезда правления треста в Ленинград, в 1924 г., в Центральную радиолaborаторию.

С деятельностью Л. И. в ЦРЛ, которая продолжалась до 1935 г. и в научном отношении неотделима от его деятельности в это время в НИИФ, связаны наиболее существенные его работы в области радиофизики и радиотехники: новые способы радиотелеграфной и радиотелефонной модуляции, вопросы высококачественной измерительной техники, высокоселективное приёмное устройство с кварцевым фильтром, стабилизация частоты, обобщение понятия обратной связи и регенерации, новые радиointерференционные методы исследования распространения радиоволн и измерения расстояния и ряд других. Однако, наиболее фундаментальным и научно важным достижением является основанное на теории нелинейных колебаний открытие новых видов резонанса и новых способов возбуждения колебаний (автопараметрическое, гетеропараметрическое, асинхронное возбуждение). Это привело, с одной стороны, к существенному расширению и эволюции понятия резонанса и, с другой стороны, к созданию новых радиоустройств (автопараметрический фильтр, трансформаторы частоты и др.) и нового типа машин.

Я не могу, к сожалению, в узких рамках моего доклада останавливаться даже на самых главных работах Л. И. в этой области. Эту сторону его научной деятельности подробно освещают в своих докладах ученики Л. И. — проф. А. А. Андронов и проф. С. Э. Хайкин. Я хотел бы только указать, что нелинейное направление в области колебаний, всецело вытекавшее из собственного Л. И. стремления возможно более чётко, адекватно и в то же время математически строго передать сущность и количественный ход колебательных процессов, не укладывающихся в рамки линейных дифференциальных уравнений, оказалось чрезвычайно действенным и плодотворным, и оно постепенно завоёвывает признание не только в этой, сравнительно узкой, области радиоколебаний.

В 1925 г. Л. И. был избран профессором теоретической физики МГУ и действительным членом Исследовательского института физики

и кристаллографии при нём. С этого времени начался самый насыщенный и плодотворный период его научной и педагогической деятельности. Здесь, в стенах старейшего нашего университета, полностью расцвёл его замечательный талант учёного и учителя.

Вокруг Л. И. вскоре сгруппировалось много талантливых молодых учёных, аспирантов и студентов, которые под руководством Л. И., вдохновлённые его идеями, успешно разрабатывали различные вопросы оптики, молекулярной физики и колебаний и образовали большую научную школу.

В долгие годы вынужденного перерыва в своей научной деятельности Л. И. не переставал возвращаться к научным вопросам, исследование и выявление которых было так жестоко прервано мировой войной. Он продолжал непрерывно думать над вопросами рассеяния света, особенно в связи с флуктуационными явлениями. Свои вполне чёткие соображения по этому вопросу Л. И. высказал в разговорах со мной ещё в 1920—1921 гг. В результате глубокого и вместе с тем физически чрезвычайно наглядного анализа Л. И. пришёл к заключению, что в совершенно свободном от посторонних примесей однородном теле, в силу тепловых флуктуаций, не только должно наблюдаться релеевское рассеяние света, но что и спектр падающего света должен при этом претерпевать изменения, правда, чрезвычайно незначительные, количественную оценку которых Л. И. и дал. Этот так называемый эффект Мандельштама—Брилуэна—эффект изменения тонкой структуры спектра при флуктуационном рассеянии света был Л. И. и обнаружен, а затем, в 1930 г., по предложению Л. И., окончательно и полностью изучен Е. Ф. Гроссом в ГОИ.

Опыты, поставленные для его обнаружения, привели, однако, сначала к другому, гораздо более фундаментальному открытию, а именно—к открытию совместно с Г. С. Ландсбергом в 1928 г. явления комбинационного рассеяния света. Это открытие, которое одновременно с русскими физиками было сделано индийским учёным Раманом, является не только одним из крупнейших, может быть, самым крупным из открытий в оптике за последние 25 лет, но его значение и для практики уже сейчас столь велико, что его можно поставить в ряд с замечательным открытием Кирхгоффа и Бунзена спектрального анализа. Это открытие, несомненно, поставило имя Л. И. в ряд с именами крупнейших физиков современности. Только присущая Л. И. исключительная требовательность к себе, можно сказать скрупулёзность, из-за которой Л. И. не опубликовывал новых вещей, не подвергнув их предварительной многократной проверке в течение длительного времени, была причиной того, что фактически сделанное им первым открытие появилось в печати позже телеграфного сообщения о своём открытии в „Nature“ Рамана, который в 1930 г. получил за это открытие Нобелевскую премию по физике.

Открытие явления комбинационного рассеяния света привело к большому оживлению научной работы, направленной к выяснению

физической природы этого явления и управляющих им закономерностей. Л. И. дал теорию этого явления как с классической, так и с квантово-теоретической точек зрения. Характерен здесь «колебательный», можно сказать радиотехнический, подход Л. И. к объяснению этого явления, которое он трактует, как модуляцию света, вызванную инфракрасными колебаниями молекул.

Наряду с комбинационным рассеянием света Л. И. продолжал свои исследования флуктуационного рассеяния света. Здесь внимание Л. И. привлекла возможность создавать в жидкостях и газах регулярные неоднородности с помощью упругих (ультразвуковых) волн, вызывающих в них правильно расположенные области сгущения и разрежения. Это открыло новые возможности для изучения, с помощью дифракции света на этих неоднородностях, различных вопросов молекулярной физики, и, таким образом, возникло новое направление исследований в молекулярной физике, особенно важное для изучения нестационарных явлений. Попутно Л. И. было указано на возможность использования ультразвуковой методики для модуляции света, получившей в настоящее время широкое применение как для научных исследований, так и в телевидении.

В 1928 г. Л. И. был избран членом-корреспондентом нашей Академии, а в 1929 г. её действительным членом.

В 1931 г. Л. И. получил за свои работы премию имени Ленина.

Наряду с этими исследованиями и глубокими исследованиями в области теоретической и молекулярной физики, которых я здесь не касаюсь, Л. И. продолжал интенсивно интересоваться вопросами колебаний. Параллельно с работами, которые велись в ЦРЛ и о которых я уже упоминал, в НИИФ при МГУ под руководством Л. И. развивалась теория нелинейных колебаний, охватывающая колебательные процессы не только в радиотехнике, но и в акустике и механике, и способствовавшая выяснению процессов при радиопередаче, а также в автоматике и аэродинамике. В настоящее время ряд учеников Л. И., принимавших видное участие в развитии этой теории с самого начала (А. А. Андронов, С. Я. Хайкин, Г. С. Горелик, С. М. Рытов), весьма успешно развивают и применяют эту теорию в указанных выше областях.

Работы по нелинейным колебаниям были в 1936 г. удостоены Первой Менделеевской премии по физике.

С осени 1934 г., с переводом Академии Наук СССР в Москву, Л. И. принимал близкое участие в организации ФИАН и с этого времени, параллельно с работой в МГУ, вёл работы в лаборатории колебаний и оптической лаборатории ФИАН, где разрабатываются его идеи и интересовавшие его вопросы. Здесь была создана по идее Л. И. и разработана методика измерения интенсивности электрического и магнитного сверхвысокочастотных полей и производились исследования поведения диэлектриков в этих полях, проводились работы по молекулярной физике с использованием

ультразвуковой методики, а также продолжались исследования в области комбинационного рассеяния.

В стенах Института нашла своё теоретическое и экспериментальное завершение знаменитая проблема распространения радиоволн вдоль земной поверхности, которая, как известно, возникла сразу же после того, как Маркони перекрыл Атлантический океан, и которой были посвящены многочисленные работы крупнейших физиков и математиков: Зоммерфельда, Пуанкаре, Ватсона, Ван дер Поля и др. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований с помощью новых радиоинтерференционных методов был подведён прочный научный фундамент под возникшую из них и связанную с именем Л. И. новую отрасль радиотехники — радиогеодезию, первые практические применения которой уже дали значительные результаты. Применение радиоинтерференционных методов позволило также выяснить вопрос о скорости распространения радиоволн вдоль земной поверхности и измерить её с наибольшей до сих пор известной точностью.

Какое большое значение придаётся этим исследованиям в кругах радиоспециалистов, можно судить по тому, что в 1942 г. председатель Радиосекции Британского Об-ва инженеров-электриков, известный радиоспециалист Smith-Rose основную часть своего годового доклада посвятил изложению радиоинтерференционной методики и полученных у нас результатов. Эти работы были удостоены в 1942 г. Сталинской премии 1-й степени по физике.

Последние годы так рано оборвавшейся жизни Л. И. были омрачены его тяжёлой болезнью и жестокой войной, навязанной нам фашизмом. Л. И. очень страдал и возмущался вызванной фашистской Германией стихией человеконенавистничества, которая принесла миру, и особенно нашей стране, ужасные бедствия. В середине июля 1941 г. Л. И., по предложению Президиума Академии Наук СССР, эвакуировался в курорт Боровое в Казахстане, где оставался до возвращения Академии Наук в Москву. Несмотря на болезнь и на то, что он очень страдал из-за своей оторванности от друзей, сотрудников и учеников, от отсутствия лаборатории и библиотеки, Л. И. продолжал чрезвычайно много работать над различными вопросами, преимущественно из области колебаний. Упомянем развитую им математическую теорию колебательных систем, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями с периодическими коэффициентами и малой нелинейностью, общую теорию прохождения волн в трубах и вдоль одного провода, а также принципиально весьма интересные работы по квантовой механике.

Л. И. много занимался в Боровом и историей науки. В связи с 300-летним ньютоновским юбилеем он сделал в Боровом прекрасный доклад о работах Ньютона по физике.

В Боровом же Л. И. подготовил доклад о научной деятельности нашего замечательного учёного А. Н. Крылова, который он сделал здесь, в этом зале, на общем собрании Академии Наук, посвящён-

ном 80-летию Алексея Николаевича. Этот блестящий доклад, в котором Л. И. так выпукло и ярко осветил замечательные работы Алексея Николаевича, особенно в области вибрации и качки корабля, ещё у всех нас в памяти.

Наконец в спокойных условиях в Боровом Л. И. приступил к выполнению своей давней заветной мысли написать научную биографию столь близкого ему по научному складу, мыслям и духу Релея. Он собрал нужный материал, составил полностью план биографии, но написать её Л. И. уже не было суждено.

С возвращением в Москву Л. И. снова приступил к научной и педагогической деятельности. Его лекции для студентов «о колебаниях» собирали такое большое количество слушателей, не только студентов и молодых учёных, но и профессоров и крупных учёных, что аудитория не могла вместить всех желающих слушать Л. И., и лекции должны были быть перенесены в большую аудиторию. Несмотря на болезненное состояние, Л. И. очень много времени уделял молодежи, приходившей к нему за советами. Не отказался он также взять на себя тяжёлый труд по подготовке материалов к ознаменованию в 1945 г. 50-летия радио. Он принял самое деятельное участие в подборе материалов для I сборника «К предистории радио», сам редактировал многочисленные переводы статей и написал замечательное предисловие, которое и было его последней работой.

Со смертью Л. И. физическая наука понесла исключительно тяжёлую утрату. Академия Наук СССР лишилась одного из самых выдающихся её членов, высшая школа — замечательного учителя молодёжи и профессора, мы — друзья его и товарищи — необыкновенно милого, душевного человека, прекрасного товарища, человека кристально честного, высокопринципиального, справедливого и гуманного в высшем смысле этого слова. Следы, которые он оставил в науке и технике, глубоки и длительны; с его именем связаны замечательные открытия в физике и возникновение новых областей техники. Л. И. принадлежал к тем учёным, которые в подлинном смысле сами горели страстью к науке и заражали ею других. Вокруг Л. И. создалась многочисленная школа талантливой молодёжи. Вдохновлённые его идеями, эти молодые учёные продолжают творчески развивать созданные Л. И. новые направления в науке и технике.

В творчестве Л. И. поражает гармоническое сочетание изумительного по глубине и тонкости логического анализа с поразительной силой интуитивного проникновения и редким экспериментальным чутьём. Богатство и разнообразие его всегда оригинальных и глубоких идей изумительно. Физик *par excellence*, он вместе с тем был прекрасный математик, и в то же время не только великолепно понимал и чувствовал практическую сторону науки, но был замечательным изобретателем. Для творчества Л. И. весьма характерна необычайная целеустремлённость. К Л. И. полностью приме-

нимы его же собственные слова о Масквелле, сказанные им в его последней работе — предисловии к «Предистории радио»: «Определённая интенсивная направленность мысли в связи с особо острым экспериментальным инстинктом позволяет учёному сделать решающий шаг и открыть новую область для науки».

После Л. И. осталось большое научное наследие. Оно заключается не только в трудах, опубликованных им самим или совместно с другими учёными, но и в ещё неопубликованных манускриптах и заметках.

Многие его глубокие мысли, тонкие и вместе с тем точные формулировки, изящные доказательства и блестящие изложения самых трудных вопросов физики содержатся в его замечательных лекциях по теоретической физике, которые при его жизни не были изданы, но были тщательно записаны и обработаны его учениками. Но и этим, конечно, далеко не ограничивается всё богатство мыслей и идей Л. И. Многие из них заключаются в работах его многочисленных учеников и ещё долго будут приносить плоды для науки.

В Л. И. поражала изумительная разносторонность его умственных и культурных интересов. Хотя главным смыслом его жизни была наука, однако, наряду с этим, он очень любил и хорошо знал музыку, искусство, блестяще знал литературу русскую и мировую. Книжки, вообще, были его страстью. Выросши у моря, Л. И. очень любил море и вообще природу.

Исключительно тепло, с большой благожелательностью, вниманием и чуткостью относился Л. И. не только к своим ученикам, но и к людям вообще. К нему очень многие обращались за советами и помощью по разнообразным житейским делам. В то же время он не переносил никакой фальши и лжи и особенно возмущался людьми, которые свои личные интересы ставили выше всего. В разговорах на любые темы, которые всегда были для его собеседников чрезвычайно интересны, Л. И., по выражению некоторых, никогда не заслонял других. Душевное величие и благородство Л. И., его обаяние, вызывали во всех знавших его особое уважение и любовь.

Прекрасный семьянин, Л. И. был также прекрасный друг и товарищ. Он на всю свою жизнь сохранил привязанность к товарищам детства. Память об этом исключительном человеке будет долго жива не только у самых близких людей, а его прекрасная жизнь будет служить примером для молодежи, которую он так любил.
