



ЛЕОНИД ИСААКОВИЧ МАНДЕЛЬШТАМ (1879—1944)



Физику Леониду Исааковичу Манделъштаму принадлежит важнейшее открытие в оптике за последние десятилетия — открытие явления комбинационного рассеяния. Он является одним из создателей нелинейной теории колебаний, творцом радиоинтерференционных методов определения скорости распространения радиоволн и измерения расстояний и, таким образом, родоначальником новой науки — радиогеодезии. Он является изобретателем новых методов возбуждения электрических колебаний — параметрических генераторов.



Леонид Исаакович Манделъштам родился 4 мая 1879 года в г. Могилёве в семье врача. Вскоре после рождения Л. И. Манделъштама семья его переехала в Одессу, где Л. И. Манделъштам и провёл свои детские и юношеские годы. Его отец — высокообразованный врач-общественник, проработавший 40 лет в городских больницах Одессы, — пользовался исключительной популярностью не только в своём городе, но и на всём юге России. Двери его дома были открыты для всех нуждавшихся не только в медицинской, но и во всякой иной помощи.

Уже в старших классах гимназии у Л. И. Манделъштама появился глубокий интерес к физико-математическим наукам. В эти годы он выбрал характер и направление своей дальнейшей деятельности, отнюдь не потеряв при этом интереса ко всему, что лежало за пределами физики и математики. В гимназические годы Л. И. Манделъштам увлекался спортом, различными

соревнованиями, интересовался музыкой, театром, и этот живой интерес ко всему окружающему сохранился у него навсегда.

В 1897 г. Л. И. Мандельштам окончил Одесскую гимназию с серебряной медалью и поступил на физико-математический факультет Новороссийского университета в Одессе. И здесь его интересы не ограничивались только лишь наукой. В 1898 г. в университете возникли студенческие волнения, в которых Л. И. Мандельштам принимал столь активное участие, что был арестован как один из «зачинщиков». Арест длился недолго, но из университета Л. И. Мандельштам был исключён. В 1898 г. он уехал за границу и поступил в Страсбургский университет. Здесь Л. И. Мандельштам отдался изучению математики и физики. Первое время он даже больше занимался математикой, чем физикой, и сделал в математическом семинаре ряд докладов, которые обратили на него внимание. Л. И. Мандельштам принимал участие в работах по радиотехнике известного физика Брауна. Молодому учёному приходилось заниматься и научными, и техническими вопросами, и он выступал не только как пылкий учёный, но и как изобретательный и инициативный инженер,

В 1907 г. Л. И. Мандельштам стал приват-доцентом Страсбургского университета, и к этому времени относятся его работы о природе рассеяния света. Эти работы выдвинули его в первые ряды мировых учёных. В 1913 г. он получил звание профессора, и ему было поручено чтение курса прикладной физики в Страсбургском университете.

В 1914 г., незадолго до начала мировой войны, Л. И. Мандельштам вернулся в Одессу и был приглашён в качестве приват-доцента в Новороссийский университет. Продолжая заниматься вопросами радиотехники, Л. И. Мандельштам одновременно состоял научным консультантом одного из русских радиотелеграфных заводов.

В 1918 г. Л. И. Мандельштам был избран профессором физики вновь созданного Одесского политехнического института. В течение четырёх лет работы в институте он много сил отдал развитию и усовершенствованию преподавания физики и радиотехники в этом институте. С 1922 г. связь Л. И. Мандельштама с высшей школой временно прервалась. Он переехал в Москву, а затем в Ленинград, где стал работать научным консультантом Центральной радиолaborатории треста заводов слабого тока. В 1925 г. он был избран профессором теоретической физики Московского университета. Эту связь с Московским университетом Л. И. Мандельштам сохранил до конца своей жизни.

В 1928 г. Л. И. Мандельштам был избран членом-корреспондентом, а в 1929 г. действительным членом Академии наук СССР. Он принимал участие в работах Физического института Академии наук им. П. Н. Лебедева, состоял председателем Совета по радиофизике и радиотехнике Академии наук и являлся представителем Академии наук СССР в Международном научном радиотехническом союзе. Л. И. Мандельштам был членом редколлегии ряда научных журналов по физике и в течение одного года состоял председателем Русского физико-химического общества.

Л. И. Мандельштам неоднократно получал премии за научные работы: в 1932 г. — премию имени Ленина, в 1936 г. — премию имени Менделеева и в 1943 г. — премию имени Сталина первой степени. За выдающиеся заслуги в области науки и подготовки научных кадров Л. И. Мандельштам был дважды награждён: в 1940 г. — орденом Трудового Красного Знамени и в 1944 г. — орденом Ленина.

Умер Л. И. Мандельштам 27 ноября 1944 года от болезни сердца.

В целях увековечения памяти Л. И. Мандельштама постановлением Правительства учреждены стипендии его имени для студентов и аспирантов Московского университета и Физического института имени П. Н. Лебедева.

Л. И. Мандельштам соединял в своём лице мыслителя, мастерски владевшего и классической и современной теорией и умевшего извлекать из неё как конкретные физические, так и философские заключения, с блестящим радиоинженером, обогатившим технику новыми идеями, доведёнными до окончательного завершения и прочно вошедшими в практику. Он был тонким экспериментатором, замыслы которого отличались остроумием и умением находить новые пути решения при помощи сравнительно скромных технических средств, и блестящим математиком, умевшим применять тонкие математические методы к решению физических и технических задач. Он был лектором, сочетавшим глубину изложения с изящной простотой формы; мастером научного доклада, умевшим специальные вопросы излагать так, что они слушались с захватывающим интересом широкими кругами слушателей.

Две особенности метода работы Л. И. Мандельштама много способствовали успеху его научных изысканий. Он чрезвычайно ценил при рассмотрении всякой проблемы предварительное «решение на пальцах» — создание некоторой простой модели, не воспроизводящей, конечно, изучаемую проблему, но схватывающей её основные черты. В самых тонких вопросах он умел находить такие модели, наводящие на правильный путь. Найденному решению он всегда затем придавал строгую форму, создавая законченную теорию явления и извлекая из неё далеко идущие следствия.

Второй особенностью, характерной для научного творчества Л. И. Мандельштама, является его умение устанавливать внутренние связи между далёкими, на первый взгляд, областями, выделять руководящие идеи, позволяющие ему за рамками частной задачи увидеть общие контуры широкого класса проблем. Одной из таких руководящих идей творчества Л. И. Мандельштама явилась идея широкого значения теории колебаний в физических проблемах. На огромном фактическом материале он показал, какое значение имело для различных областей знания выделение периодических процессов и как выступают черты внутреннего единства в самых разнообразных проблемах оптики, астрономии, химии, теории относительности, молекулярной физики, акустики, теории корабля, радиотехники и теории квантов, если к ним подходить с единой «колебательной» точки зрения.

Первые крупные научные успехи Л. И. Мандельштама связаны с исследованиями электрических колебаний. Он показал, что в целом ряде случаев,

вопреки общераспространённому мнению, оказывается выгодным не сильное взаимодействие между отдельными элементами сложной колебательной цепи, а, наоборот, слабая связь между ними. Этот «принцип слабой связи», установленный Л. И. Мандельштамом, вошёл во всеобщее употребление и обратил внимание на молодого русского учёного, который с тех пор выдвинулся в первую шеренгу пионеров радиотехники.

Занимаясь вопросом об излучении антенн, колебания которых определённым образом согласованы между собой (направленная радиотелеграфия), он составил себе вполне ясное представление о характере излучения весьма большого числа осцилляторов, находящихся в определённых фазовых соотношениях. Он увидел, что между этой чисто технической задачей и крайне далёкой задачей теоретического характера — вопросом о молекулярном рассеянии света — есть глубокая связь. Так появилась известная работа Л. И. Мандельштама «Об оптически однородной и мутной среде» (1907 г.), где он подверг тщательному анализу теорию молекулярного рассеяния света, созданную трудами знаменитого английского физика Релея. В этом анализе Л. И. Мандельштам показал неправильность (или, как он предпочитал выражаться, «недостаточность») представлений Релея о физической природе явления рассеяния света. Вопрос сводился к тому, при каких условиях тело, являющееся скоплением беспорядочно движущихся молекул, представляет собой «мутную среду», т. е. среду, в которой свет рассеивается по всем направлениям. Релей полагал, что движения молекул достаточно, чтобы среда рассеивала свет. Л. И. Мандельштам же установил, что для этого необходимо добавочное условие: вещество должно быть таким, чтобы в одинаковых малых объёмах, выхваченных наудачу из близких участков веществ, заключалось неодинаковое число молекул; именно это и делает среду оптически неоднородной, т. е. мутной. Этой неоднородности можно достичь, например, засорив среду чужими частичками (мутность в обычном смысле слова). Что же делает мутным вещество, состоящее лишь из одного сорта молекул, например, чистую жидкость или газ, т. е. что обуславливает молекулярную мутность, — вот основная физическая проблема, которая возникла благодаря тому аспекту, который придал всему вопросу Л. И. Мандельштам. Эта проблема получила в последующие годы полное разрешение в трудах таких корифеев науки, как Смолуховский, Лорентц, Эйнштейн, и в работах самого Мандельштама. Было показано, что

в реальном веществе, состоящем из огромного числа молекул, происходят самопроизвольные случайные уплотнения и разрежения, т. е. плотность вещества не сохраняется повсюду одной и той же, а испытывает наибольшие отклонения от среднего значения. Эти нарушения однородности — флуктуации плотности — приводят, согласно теории Мандельштама, к рассеянию света.

Такое флуктуационное толкование рассеяния света представляет собой, как мы теперь знаем, одно из проявлений статистического характера молекулярных явлений. В начале настоящего столетия это был один из важных ар-

гументов в обосновании самой статистической физики.

Несколько лет спустя Л. И. Мандельштам построил по тому же плану полную статистическую теорию явления рассеяния света при отражении от поверхности жидкости и осуществил остроумными опытами это явление.

Исследование Л. И. Мандельштама о молекулярном рассеянии света представляет собой яркий и поучительный пример оплодотворения одной области знания (оптики и молекулярной физики) идеями, внушёнными другой далёкой областью (радиотехникой). Много лет спустя, объясняя смысл этих проблем, он указывал на связь их с задачей об излучении радиоволн. Эта связь, усмотренная Л. И. Мандельштамом, отнюдь не очевидна. Достаточно сказать, что уже после опубликования работы Л. И. Мандельштама знаменитый физик М. Планк, бывший тогда в зените своей славы, выступил с теорией распространения света в веществе, в которой он допустил ошибку, неправильно учитывая взаимодействие отдельных осцилляторов. Понадобилось несколько заметок Л. И. Мандельштама, чтобы разъяснить заблуждение маститого автора теории квантов.

И в дальнейшем творчестве Л. И. Мандельштама эти внутренние связи между радиотехникой и оптикой постоянно играли важную роль, наводя его на новые постановки задач и подсказывая метод решения их.

В 1911 г. Л. И. Мандельштам выполнил важное исследование, посвящённое теории микроскопического изображения. Оно касалось вопроса о разрешающей силе микроскопа при изображении самосветящихся и освещённых объектов. Вопрос этот имел длительную историю, и со времени Аббе, основоположника современной теории микроскопического изображения, установилось мнение о принципиальном различии этих двух случаев. Л. И. Мандельштам исправил и дополнил существенным образом теорию Аббе, установив строгим анализом условия эквивалентности построения изображения самосветящегося и освещённого источника, осуществив сверх того убедительные опыты, подтверждающие правильность своего анализа. Два года спустя он дал решение той же задачи при помощи интегральных уравнений. Это был один из первых случаев применения тогда ещё нового математического метода к рассмотрению физических проблем.

В период с 1914 по 1925 г. Л. И. Мандельштам занимался по преимуществу вопросами технической физики. За этот период созрела и выкристаллизовалась одна из наиболее плодотворных идей Л. И. Мандельштама — перенесение в оптику представления о свойствах модулированных колебаний.

В простейшем виде вопрос сводится к следующему. Хорошо известно, что легко можно вызвать сильные колебания какой-либо системы, если раскачивать её в такт с собственными колебаниями, т. е. используя явления резонанса. Явления резонанса крайне чувствительны к нарушению точного совпадения периодов. Если, например, частота камертона равна 101, а частота действующей на него звуковой волны 100, то, очевидно, каждая 50-я волна встретит ножку камертона, когда она движется в сторону, противоположную наносимому толчку, т. е. 50-я волна будет так же сильно мешать раскачива-

нию, как первая помогала, — резонанс не наступит. Но если мы регулярно один раз в секунду будем затруднять доступ мешающим волнам, ослабляя или прерывая звук, то камертон раскачивается, несмотря на несовпадение периодов. Другими словами, волна частоты 100, регулярно прерываемая один раз в секунду, вызывает резонанс в системе, имеющей собственную частоту 101. Аналогичное рассуждение показывает, что и система, имеющая частоту 99, также будет отзываться на такую прерываемую, или, как говорят, модулируемую волну. Вообще, если частота волны есть ν , а частота модуляции (ослабления) равна ν , то такая модулируемая волна действует на колебательные системы так, как если бы она имела не только частоту ν , но и $\nu + \nu$ и $\nu - \nu$.

Л. И. Мандельштам обратил внимание на то, что статистический характер явления рассеяния света неразрывно связан с модуляцией интенсивности рассеянного света. Действительно, уплотнения и разрежения среды, наличие которых обуславливает рассеяние света, имеют случайный характер, т. е. меняются с течением времени. Следовательно, и интенсивность рассеянного света меняется с течением времени, т. е. происходит модуляция света. А согласно вышеизложенному должно иметь место и изменение частоты или длины волны рассеянного света, которое можно обнаружить, анализируя свет подходящим спектральным аппаратом. Дав полную теорию этого явления, Л. И. Мандельштам ещё в 1918 г. получил формулы, позволяющие определить величину ожидаемого изменения длины волны рассеиваемого света. Экспериментальные поиски этого предсказанного важного явления были предприняты им совместно с Г. С. Ландсбергом. Результаты этих опытов были неожиданны и в высшей степени плодотворны. Действительно, было обнаружено изменение длины волны рассеянного света, но гораздо более значительное, чем ожидалось по теории Мандельштама. Характер явления вполне соответствовал представлениям о модуляции, но причина модуляции должна была быть иной. Она быстро была обнаружена. Оказалось, что наблюдаемая модуляция обязана своим происхождением собственным колебаниям молекул рассеивающего вещества. Каждая молекула, построенная из нескольких атомов, представляет собой колебательную систему. Её колебания и накладывают отпечаток на рассеянный свет. Подобно тому, как при радиотелефонной передаче приходящая модулированная радиоволна несёт с собой «запись» звуков, произносимых перед микрофоном, так спектр рассеянного света несёт «запись» колебаний молекул вещества. Изучая этот спектр, мы как бы слушаем рассказ молекулы о её колебаниях, а следовательно, и о её строении. Таким образом, новое явление, которое Л. И. Мандельштам предложил назвать «комбинационным рассеянием света», не только дало блестящее подтверждение хода мысли Л. И. Мандельштама, но и повело к открытию исключительно важного и плодотворного метода изучения строения молекул. Следует упомянуть, что одновременно к такому же открытию, но совершенно иными путями, пришёл индийский физик Раман, который опубликовал свои результаты несколько раньше, чем это сделал Л. И. Мандель-

штам. Явление получило поэтому название эффекта Рамана-Мандельштама или просто Раман-эффекта и является в настоящее время одним из распространённых приёмов исследования строения молекул, нашедших применение в разрешении разнообразных вопросов физической, органической и даже аналитической химии. В дальнейшем было установлено на опыте и то гораздо меньшее изменение частоты рассеянного света, которое первоначально предполагала теория Л. И. Мандельштама. Открытие комбинационного рассеяния света явилось крупнейшим из научных достижений Л. И. Мандельштама. Но и в другой области физики — в учении о колебаниях вообще и в вопросах, связанных с их техническим использованием, были достигнуты в высшей степени значительные результаты. Л. И. Мандельштам сумел поставить относящиеся сюда, казалось бы, специальные радиотехнические вопросы как общефизические проблемы. Вместе с тем, получив решения, имеющие общий научный интерес, он не упустил из виду возможные технические выводы и как блестящий радиоинженер довёл эти выводы до полного практического завершения. Сказанное в одинаковой мере относится к двум проблемам теории колебаний, которые разрабатывал в этот период Л. И. Мандельштам вместе со своим постоянным сотрудником — академиком Н. Д. Папалекси и группой учеников.

Первая из этих проблем, в той форме, как она была поставлена Л. И. Мандельштамом и разработана под его руководством, привела к созданию новой главы в учении о колебаниях, названной теорией нелинейных колебаний. Проблема эта возникла в радиотехнике в связи с применением электронной лампы в качестве устройства, поддерживающего незатухающие колебания в электрических контурах. Применение электронной лампы так удачно решало задачу получения быстрых незатухающих электрических колебаний, что этот метод очень скоро приобрёл чрезвычайно широкое распространение. Однако построение теории лампового генератора незатухающих колебаний натолкнулось на принципиальные трудности. Оказалось, что электронная лампа, как электрическая цепь, не подчиняется закону Ома: ток, текущий через лампу, не пропорционален напряжению, к ней приложенному. Иначе говоря, электронная лампа является «нелинейным» проводником в отличие от проводников, подчиняющихся закону Ома, в которых между током и напряжением существует линейная зависимость. Так как самая возможность получения незатухающих колебаний в ламповом генераторе обусловлена именно этими нелинейными свойствами электронной лампы, то в теории лампового генератора эти свойства необходимо учитывать. Так возникла в теории колебаний первая важная нелинейная проблема. Между тем, теоретические методы, которыми раньше пользовались для изучения колебательных процессов, были пригодны для рассмотрения только линейных систем.

Приходилось эту линейную теорию приспособлять для решения по существу нелинейной задачи. Делались лишь отдельные попытки рассматривать эту проблему как нелинейную. Л. И. Мандельштам впервые ясно поста-

вил перед теорией колебаний задачу во всём объёме. Он отметил важность нелинейных проблем не только для радиотехники, но и для теории колебаний вообще и указал на необходимость разработки новых теоретических методов, специально приспособленных для анализа нелинейных проблем. Эти новые теоретические методы были найдены учеником Л. И. Мандельштама проф. А. А. Андроновым. Так, по инициативе и под влиянием Л. И. Мандельштама возникла новая глава в учении о колебаниях — теория нелинейных колебаний.

Создание этой теории не только удовлетворило потребность в объяснении уже известных нелинейных явлений, но и способствовало более глубокому проникновению в процессы, происходящие в нелинейных системах, способствовало развитию «нелинейной интуиции», как любил говорить Л. И. Мандельштам. Именно эта «нелинейная интуиция», которой Л. И. Мандельштам обладал в большей мере, чем кто бы то ни было, позволила ему предсказать целый ряд новых эффектов, специфичных для нелинейных колебательных систем. Эти новые эффекты были затем под руководством Л. И. Мандельштама открыты и изучены Н. Д. Папалекси. Л. И. Мандельштам предсказал, что явления, аналогичные резонансу, т. е. резкое возрастание колебаний под действием периодической внешней силы, в нелинейных системах должны наблюдаться не только при совпадении частоты внешнего воздействия с частотой собственных колебаний системы (как это имеет место в системах линейных, но и в ряде других случаев. Так, например, явления, аналогичные резонансу, должны возникать в нелинейной системе тогда, когда частота внешнего воздействия приближается к удвоенной, утроенной и т. д. собственной частоте системы. Это явление было названо резонансом n -го рода (второго рода, если внешняя частота вдвое больше, и т. д.).

Аналогичные явления были предсказаны Л. И. Мандельштамом ч затем обнаружены на опыте и в тех случаях, когда отношение частот — собственной и внешнего воздействия — близко к отношению двух небольших целых чисел, например, 2:3 или 3:5. Эти явления впервые дали возможность осуществить преобразование частот с сохранением точных целочисленных соотношений. Такая возможность имеет большое значение при решении ряда важных технических задач. В частности, она была с успехом использована в развитых под руководством Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси методах осуществления интерференции радиоволн, о которых будет идти речь ниже.

Попутно с изучением явления резонанса n -го рода, или, как его называют иначе, «автопараметрического резонанса», Л. И. Мандельштам со своими сотрудниками значительно развил и углубил представления о сходном явлении так называемого гетеропараметрического резонанса. Классическим примером гетеропараметрического резонанса может служить процесс раскачивания на качелях. Человек, находящийся на качелях, может раскачать их сам, без посторонней помощи; если он будет приседать и выпрямляться в нужном темпе, то качели начнут раскачиваться и их размахи достигнут большой ве-

личины. Приседая и выпрямляясь, человек изменяет положение центра тяжести того маятника, который он представляет собой вместе с качелями. Если изменения длины этого маятника происходят в нужном темпе (в простейшем случае с частотой, вдвое большей, чем собственная частота маятника), то наступает описанное явление. В этом случае колебания системы вызываются не непосредственным внешним воздействием, а периодическим изменением одного из «параметров» маятника — его длины. Точно так же, если периодически в нужном темпе изменять величину одного из параметров электрического колебательного контура — его ёмкости или индуктивности, — то в контуре возникают интенсивные электрические колебания. Явления эти в простейшем виде были известны и раньше. Л. И. Мандельштам со своими сотрудниками осуществил ряд новых явлений гетеропараметрического резонанса и развил их теорию.

Изучение этих явлений привело Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси к принципиально новой и плодотворной технической идее — созданию параметрического генератора переменного тока. Эта идея была успешно осуществлена, и электротехника получила новый тип машин переменного тока, которые в ряде случаев дают большие преимущества по сравнению с обычными электрическими машинами.

Другая фундаментальная работа из области физики колебаний, выполненная Л. И. Мандельштамом за эти же годы, — разработка радиоинтерференционных методов и применение этих методов к решению важных научных и практических задач. Л. И. Мандельштам высказал новую и смелую идею о возможности использования радиоволн в качестве масштаба длины при измерении расстояний между двумя пунктами. Для этого нужно сосчитать, сколько волн известной длины «укладывается» между пунктами при осуществлении радиосвязи между ними.

По идее и под руководством Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси была создана специальная оригинальная система двусторонней радиосвязи, позволяющая сосчитать число радиоволн, которое при этом «укладывается» между пунктами на пути туда и обратно.

После того, как эта задача была решена, оказалось возможным точно измерить скорость распространения радиоволн в реальных условиях (вдоль, земной поверхности). Действительно, если расстояние между двумя пунктами точно известно и сосчитано число волн, «укладывающихся» между ними, то тем самым определяется длина волны. А так как период процесса, создающего эти радиоволны (период колебаний излучающего их передатчика), может быть независимо измерен, то скорость распространения волн может быть найдена (как отношение длины волны к периоду). Измерения скорости распространения радиоволн вдоль земной поверхности в разных условиях необходимо было произвести для того, чтобы потом определять длину волны при измерении расстояний. Но эта задача имела и важное научное значение. Раньше радиотехника не располагала методом измерения скорости распространения радиоволн. Между тем, теоретические соображения говорили как

будто бы за то, что скорость распространения радиоволн над землёй должна существенно зависеть от свойств земли. Этот взгляд был широко распространён в радиотехнике, хотя и не был строго обоснован. Опыты Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси показали, что скорость распространения радиоволн практически не зависит от свойств земли и с большой точностью равна скорости света в пустоте. Тем самым была опровергнута господствовавшая ранее ошибочная точка зрения. Вместе с тем была доказана пригодность радиоволн как масштаба для измерения расстояний. Постоянство масштаба — длины волны — оказалось настолько высоким, что позволило измерять расстояния в сотни километров с точностью до десятков метров.

Преимущества радиоинтерференционных методов точного измерения расстояний чрезвычайно велики. Они особенно ощутительны при геодезических работах на труднопроходимой местности, а особенно на море. В течение ряда лет эти методы уже успешно применяются при гидрографических работах и дают огромный эффект в смысле ускорения и упрощения работ.

Так, осуществление идеи Л. И. Мандельштама привело к решению фундаментального научного вопроса — о скорости распространения радиоволн вдоль земли и к решению важной практической задачи — точного измерения расстояния между двумя пунктами, разделёнными труднопроходимой территорией или водной поверхностью.

Будучи одним из лучших знатоков классической физики, Л. И. Мандельштам с её высот понимал и ценил всё значение современных теорий в физике и принимал активное участие в их разработке. В новом строе идей, который принесла с собой квантовая физика, Л. И. Мандельштам особенно интересовался общими принципиальными вопросами. Его собственные работы и размышления, рассеянные в его лекциях и беседах и содержащиеся в оставшихся рукописях, были в первую очередь посвящены этим принципиальным вопросам. Сюда относится работа (совместная с чл.-корр. И. Е. Таммом), посвящённая вопросу о так называемом соотношении неопределённости между энергией и временем, — вопросу, оставшемуся неясным до последнего времени. Л. И. Мандельштаму впервые удалось дать этому соотношению строгую и общую формулировку и раскрыть простой и глубокий смысл его. В своих лекциях по квантовой механике Л. И. Мандельштам особенно останавливался на сущности физических измерений, впервые введя строгое разграничение между прямыми и косвенными измерениями в квантовой механике и извлекая из этого анализа далеко идущие выводы, относящиеся к основам квантовой механики.

Не случайным является то обстоятельство, что Л. И. Мандельштам затрагивал фундаментальные вопросы, подобные указанным выше, на своих университетских лекциях. Он никогда не проводил резкой грани между своей научной деятельностью и своей преподавательской работой. Его лекции и семинары были такими же продуктами творческой мысли, как и его исследовательская работа. Подготавливаясь к ним с чрезвычайной тщательностью, Л. И. Мандельштам заново пересматривал при этом целый ряд вопросов и не-

редко открывал в них новые стороны, подлежащие изучению. Это и делалось на лекциях или становилось темой специального научного исследования. Такая особенность придавала его лекциям неповторимую прелесть. Богатство и разнообразие научных интересов Л. И. Мандельштама и его умение привлекать окружающих к их разработке делали его естественным центром, вокруг которого объединилась обширная группа сотрудников и учеников, многие из которых стоят в настоящее время во главе значительных научных коллективов. Все знавшие Л. И. Мандельштама, отмечают, сколь плодотворны были беседы с ним даже для вполне сложившихся учёных.

За последние годы Л. И. Мандельштам много работал над историей физики. Им был составлен превосходный доклад, посвящённый 300-летию со дня рождения Ньютона, написана большая статья по истории радио и подготовлялась научная биография Релея, которого он глубоко знал и высоко ценил. Прекрасный знаток литературы, русской и иностранной, тонкий ценитель музыки, обаятельный собеседник, сочетавший с силой интеллекта исключительную моральную высоту и душевную мягкость, Л. И. Мандельштам оставил светлую память среди всех его знавших.



Главнейшие труды Л. И. Мандельштама: *Об излучении в беспроводной телеграфии*, «Природа», 1916, № 2; *К вопросу о рассеянии света неоднородной средой*, «Журнал русск. физ.-хим. общества», часть физ., 1926, т. 58, в. 2; *Новое явление при рассеянии света*, там же, 1928, т. 60, в. 4 (совместно с Г. С. Ландсбергом); *О явлениях резонанса п-рода*, «Журнал технической физики», 1932, т. 2, в. 7—8 (совместно с Н. Д. Папалекси); *О возбуждении колебаний в электрической колебательной системе при помощи периодического изменения ёмкости*, там же, 1933, т. 3, в. 7 (совместно с Н. Д. Папалекси); *Об одном методе измерения скорости распространения электромагнитных волн*, там же, 1937, т. 7, в. 6 (совместно с Н. Д. Папалекси); *Интерференционный метод исследования распространения электромагнитных волн*, «Известия АН СССР», серия физ., 1938, № 4.

О Л. И. Мандельштаме: Леонид Исаакович Мандельштам (хронологический указатель трудов), М. 1941; Папалекси Н. Д., Л. И. Мандельштам, «Успехи физических наук», 1945, т. XXVII, в. 2.

Источник: Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / Под ред. С.И. Вавилова. — М., Л.: Гос. изд-во техн.-теоретической лит-ры. — 1948.

МАНДЕЛЬШТАМ ЛЕОНИД ИСААКОВИЧ

(04.05.1879—27.06.1944)

АВТОБИОГРАФИЯ

[Конец 1917 г.]

Я, Леонид Исаакович Мандельштам, родился в 1879 г. Среднее образование получил во 2-й Одесской гимназии, которую окончил в 1897 г. В том же году я поступил на физико-математический факультет Новороссийского университета, по отделению математических наук.

В 1900 г. я уволился с IV семестра и поехал в г. Страсбург. Там поступил на физико-математический факультет [университета] и специально по физике работал у профессора Ф. Брауна. В 1902 г. на основании представленной диссертации и экзамена я получил степень доктора физики (*doctor philosophiae naturalis*). В том же году я в качестве частного ассистента профессора Брауна работал по беспроволочной телеграфии в Страсбурге и Берлине. В последующие годы я был вторым, а затем первым ассистентом при Физическом институте Страсбургского университета. В этой должности я руководил сначала практическими занятиями студентов по физике, а затем научными работами докторантов. В 1907 г. я был допущен к чтению лекций по физике в качестве приват-доцента, оставаясь в то же время ассистентом при институте.

В 1913 г. я получил титул профессора, а также поручение от факультета читать лекции по прикладной физике. В период времени с 1907 по 1914 г. я читал следующие курсы: электромагнитные колебания, беспроволочная телеграфия, введение в электротехнику, теоретический курс по телеграфии и телефонии, явления резонанса в различных областях физики, теория дисперсии и теория электро- и магнитно-оптических явлений, кинетическая теория газов. Список работ по теоретической и опытной физике, опубликованных мною за вышеуказанное время, при сем прилагаю.

В середине июля 1914 г. возвратился в Россию. Осенью 1915 г. я по прочтении пробной лекции был представлен физико-математическим факультетом Новороссийского университета к утверждению в качестве приват-



доцента по кафедре физики. Утверждение состоялось в марте 1917 г.

С декабря 1915 г. по сентябрь 1917 г. я состоял консультантом при радиотелеграфном отделении фирмы «Сименс и Гальске» в Петрограде.

Летом 1917 г. я был избран на кафедру физики при частном Политехническом институте в Екатеринославе* и в то же лето на кафедру физики при Тифлисском** политехническом институте. В июле был утвержден министром народного просвещения исполняющим должность ординарного профессора Тифлисского института, в каковой должности состою в настоящее время. Осенью того же года я был избран преподавателем физики советом Тифлиских высших женских курсов.

Л. Мандельштам

АН СССР, ф. 1622, оп. 1, д. 51, л. 1—1 об. Автограф.

Основные работы Л. И. Мандельштама были выполнены им после отъезда из Одессы, в которой он провел 1918—1922 гг., заведя кафедрой физики Одесского политехнического института. После краткого пребывания в Ленинграде (Центральная радиолоборатория, работа консультантом в Государственной физико-технической лаборатории при Физико-техническом институте) Л. И. Мандельштам переезжает в Москву. Здесь прошли все последующие годы жизни ученого. С 1925 г. он читает лекции на физическом факультете Московского государственного университета и возглавляет теоретический кабинет в НИИ физики в МГУ, а с 1934 г. работает научным руководителем двух лабораторий организованного в Москве Физического института АН СССР им. П. Н. Лебедева. В Москве сложилась мощная школа теоретической физики Л. И. Мандельштама, к которой относятся А. А. Андронов, А. А. Витт, Г. С. Горелик, С. М. Рытов, С. Э. Хайкин (теория колебаний, радиофизика), Г. С. Ландсберг, М. А. Леонтович, И. Е. Тамм, С. П. Шубин и др. (оптика и квантовая механика).

Фундаментальные труды и открытия Л. И. Мандельштама, как и всякие истинно крупные работы, могут быть охарактеризованы в нескольких словах. Мандельштам совместно со своим другом и соавтором многих работ Н. Д. Папалекси, работая еще в Ленинграде, предложил и осуществил параметрические генераторы переменного тока и разработал радиоинтерференционные методы измерения расстояний (или скорости распространения радиоволн) в натуральных условиях. К 1930 г. он создал совместно с А. А. Андроновым общую теорию нелинейных колебаний. Независимо и до Рамана и Кришнана, в 1928 г., он вместе с Г. С. Ландсбергом открыл эффект комбинационного рассеяния света в кристаллах; предсказал эффект и построил теорию так называемого рэлеевского рассеяния (дисперсия «света на звуке», 1926 г., независимо от Л. Бриллюэна; явление было обнаружено на опыте позднее, в 1930 г., в работах Л. И. Мандельштама, Г. С. Ландсберга и Е. Ф. Гросса). В 1927 г. совместно с М. А. Леонтовичем впервые показал возможность туннельного просачивания частиц сквозь потенциальный барьер (уже в 1928—1930 гг. этот эффект получил важные приложения в объяснении α -распада, холодной эмиссии электронов, выпрямления на границе двух металлов). В 1944 г. Л. И. Мандельштам совместно с И. Е. Таммом выполнил важную работу о соотношении неопределенностей «энергия—время». Укажем, наконец, что в 1942 г., находясь в эвакуации в Боровом, Л. И. Мандельштам предложил (совместно с Н. Д. Папалекси) использовать радиолокационные методы в астрономии (Н. Д. Папалекси на основе этого предложения выполнил расчеты, связанные с радиолокацией Луны; радиолокация была осуществлена в США в 1945 г.).

В 1931 г. Л. И. Мандельштаму была присуждена Ленинская премия, в 1942 г. он был удостоен Государственной премии СССР. (Дополнение к автобиографии любезно просмотрено чл.кор. АН СССР С. М. Рытовым).

* Современное название — Днепропетровск.

** Тбилисский.

Г. С. ЛАНДСБЕРГ.
ИЗ ВЫСТУПЛЕНИЯ НА СОВМЕСТНОМ ЗАСЕДАНИИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР И МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА,,
ПОСВЯЩЕННОМ ПАМЯТИ Л. И. МАНДЕЛЬШТАМА

22 декабря 1944 г.

[. . .] Я познакомился с Леонидом Исааковичем почти 20 лет тому назад. Его научная ценность была мне, конечно, хорошо известна. Эта ценность и побудила нас настоять на приглашении Леонида Исааковича на кафедру теоретической физики МГУ.

Но при первых же встречах с ним я был очарован необыкновенной мягкостью Леонида Исааковича и почувствовал, что с этим знакомством в мою жизнь входит человек не только большого ума, но и большой души. И это первое впечатление укреплялось и развивалось, и я был счастлив, что скоро меня привязала к Леониду Исааковичу не только общая работа, но и личная приязнь.

20 лет, в течение которых я пользовался близостью Леонида Исааковича, были бурными годами. За это время нам пришлось говорить о многом и о многих. «Мягко в словах, твердо в поступках» — было одно из выражений, которое Леонид Исаакович любил применять и которому он придавал не тот смысл, который в него иногда вкладывают, но смысл прямой и честный. От Леонида Исааковича можно было услышать порицание за недостаточную мягкость речи и несдержанность выражений. Но твердости поведения он требовал всегда и никогда не рекомендовал уступчивости. Слово «суровость» меньше всего подходит к образу Леонида Исааковича, всегда искренне мягкому, человечному и доброму. И тем не менее ничье суждение не было более суровым, когда дело касалось какого-либо компромисса. И это ощущалось всеми, кто приходил с ним в соприкосновение. Я много раз наблюдал, как люди, сравнительно далекие Леониду Исааковичу, искали случая объяснить ему свое поведение, даже когда дело касалось вопросов, не имевших, по видимому, отношения к Леониду Исааковичу. И этот замечательный человек, иногда неделями не выходявший из своей комнаты, не имевший никакой формальной власти или «влиятельного положения», был нередко лучше всех осведомлен о том, что делалось или предполагалось, ибо самые разнообразные люди по самым разнообразным поводам стремились узнать его мнение или выслушать его совет.

Я был уже не мальчиком, когда я впервые встретился с Леонидом Исааковичем. Теперь я уже пожилой человек. Но я не стыжусь признаться, что на протяжении двух десятилетий моей близости с Леонидом Исааковичем я, принимая то или иное ответственное решение или оценивая свои поступки и намерения, задавал себе вопрос: как отнесется к ним Леонид Исаакович? И мне было ясно, что то, что может вызвать его осуждение, не должно быть предпринято. Я мог не согласиться с Леонидом Исааковичем, особенно когда речь шла о тех или иных практических шагах, но никогда у меня не было сомнений в правильности морального суждения Леонида Исааковича о людях и поступках. И я надеюсь, что воспоминание о Леониде Исааковиче будет сопровождать меня в оставшиеся на мою долю годы и служить источником моральной силы, как в предшествующие счастливые годы этим источником служили встречи и беседы с ним.

Печатается по тексту книги: Академик Л. И. Мандельштам. К 100-летию со дня рождения. М., 1979. С. 96—97.

А. А. АНДРОНОВ.
ИЗ ВЫСТУПЛЕНИЯ НА СОВМЕСТНОМ ЗАСЕДАНИИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР И МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА, ПОСВЯЩЕННОМ
ПАМЯТИ Л. И. МАНДЕЛЬШТАМА

22 декабря 1944 г.

[. . .] Обычные термины мало помогут в характеристике Л. И. Мандельштама.

Действительно, как это уже многие в разных выражениях подчеркивали, в наше время резкого деления физиков на теоретиков и экспериментаторов, на «чистых» физиков и «технических» физиков Л. И. Мандельштам — одновременно и теоретик, и экспериментатор, и «чистый» физик, и «технический» физик.

Если пользоваться известной терминологией В. Оствальда, Л. И. Мандельштам — одновременно и классик — по образцовой ясности и законченности опубликованных им работ, по строгости и точности рассуждений, и романтик — по стремлению делиться своими идеями и догадками, по своей любви к преподаванию, по силе своего живого слова, способного вызвать напряженное внимание и радостное возбуждение аудитории.

Я постараюсь перечислить ряд наиболее характерных черт, не претендуя на полноту и законченность. [. . .]

С каждым из своих учеников или сотрудников он имел свой, особый раз-

говор. Этот разговор был специфичен, он отвечал научным интересам ученика или сотрудника. А учеников и сотрудников и вообще лиц, с которыми он беседовал по вопросам физики, было немало, и их научные интересы были весьма разнообразны. В громадном здании физической науки для него не было запертых комнат.

Мне кажется существенным здесь подчеркнуть две вещи.

Во-первых, Л. И. Мандельштам ощущал все точное естествознание, включая математику и технику, как единое развивающееся целое и не только подчеркивал взаимное влияние математики и физики, физики и техники и т. д., но хотел каждую новую вещь, будь то квантовая механика или теория нелинейных колебаний, понять и усвоить прочно, как необходимую составную часть всей физики, всего точного естествознания.

И, во-вторых, эта несравненная способность к далеко идущим сопоставлениям сочеталась у Л. И. Мандельштама с большой силой и остротой при конкретном исследовании, с умением преодолеть или обойти экспериментальные или вычислительные трудности. [. .]

У Л. И. Мандельштама и в научной работе, и в преподавании было стремление устранять даже не совсем отчетливо создаваемые трудности умозаключений, те психологические препятствия, которые часто мешают нам полностью принять те или другие выводы, как бы ни была неумолима логика, приводящая к этим выводам. Он умел в этих случаях быстро понять, что именно затрудняет его собеседника («А что вас шокирует в этом рассуждении?» — обычный для него в таких случаях вопрос), а поняв, двумя-тремя фразами «снять» все трудности. Точно так же он всегда знал, какие выводы будут шокировать аудиторию, и заранее в соответствии с этим строил аргументацию. Если к Л. И. Мандельштаму приходили сотрудники или ученики, желавшие проверить какие-либо свои соображения, и если, выслушав их и, как правило, изменив аргументацию, он с ними

соглашался, то спрашивающие получали абсолютную уверенность, что у них все в порядке, так как аргументация самого Л. И. Мандельштама была неотразима. Он почти не был способен ошибаться в вопросах физики

[...]

Большое значение для развития теории колебаний имели лекции и семинары Л. И. Мандельштама в Московском университете. Эти лекции и семинары иногда содержали новые научные результаты, которые нигде больше не публиковались. Но, может быть, еще большее значение этих лекций было в систематическом привитии навыков «колебательного мышления», в общем повышении «колебательной культуры».

Влияние этих лекций и семинаров Л. И. Мандельштама, посвященных теории колебаний, как и других, посвященных теории электромагнитного поля, оптике, теории относительности, физической статистике, квантовой механике, далеко выходило за пределы физического факультета МГУ. Они собирали со всей Москвы многочисленную и разнообразную аудиторию, в которой наряду со студентом можно было встретить профессора, наряду с

физиком — математика и инженера. Ситуация с «записками» этих лекций и семинаров, в особенности с тем, что относится к теории колебаний и отчасти к оптике и квантовой механике, напоминает известную ситуацию с записками лекций Вейерштрасса, которые распространялись в рукописном виде и оказали существенное влияние как на преподавание, так и на научные исследования в области теории аналитических функций. Вокруг Л. И. Мандельштама существовала атмосфера подлинной научной школы. Во-первых, он любил учить — в самом прямом значении этого слова — молодых физиков, любил задавать и растолковывать им разные трудные и каверзные задачи, разные «парадоксы». Во-вторых, он непрерывно делился с сотрудниками и учениками своими соображениями и планами будущих работ, ставя перед ними вопросы, из которых вырастали научные исследования. При этом Л. И. Мандельштам искренне радовался, если его ученик проявлял работоспособность и особенно творческую инициативу в научной работе. Он был готов незаметным и деликатным образом отказаться от авторства в пользу своего ученика или сотрудника и умел придать его работе известный блеск и остроту, переакцентировав две-три формулировки и указав на новые следствия. Одновременно он никогда не забывал отмечать, если его ученик делал что-нибудь существенное самостоятельно. [. . .]

Печатается по тексту книги: Академик Л. И. Мандельштам. К 100-летию со дня рождения. М., 1979. С. 100, 102, 104—105.

И. Е. ТАММ.

ИЗ ВЫСТУПЛЕНИЯ НА СОВМЕСТНОМ ЗАСЕДАНИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР И МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА, ПОСВЯЩЕННОМ ПАМЯТИ Л. И. МАНДЕЛЬШТАМА

22 декабря 1944 г.

[. . .] Одна из основных особенностей научного дарования Леонида Исааковича, сообщавшая ему особую силу, заключалась, как мне кажется, в редчайшем сочетании в одном человеке ума конкретного, геометрически-пластичного и ума абстрактного, логически-аналитического. С одной стороны, способность единым взглядом охватить сложное многообразие разнородных явлений, с предельной четкостью усмотреть в них черты сходства и различия и воссоздать все существенное в простой и наглядной модели, с другой стороны, острый интерес к конкретной индивидуальности физического явления, порождавший те чувства непосредственного наслаждения, которые испытывал Леонид Исаакович при экспериментировании. В этом истоки и не-

обычайного искусства Леонида Исааковича в постановке экспериментов, и его исключительно плодотворной деятельности в области технической физики. И вот с этими свойствами ума «широкого» и «английского», по терминологии Дюгема, в Леониде Исааковиче сочетались необычайная сила и тонкость абстрактной логической мысли и необычайная глубина анализа принципиальных основ физической теории, восходящего к основным категориям мышления.

Это счастливое сочетание разнородных складов ума ярко отразилось в теоретических работах Леонида Исааковича. В частности, А. А. Андронов уже говорил здесь о характерной для Леонида Исааковича широте охвата, так ярко проявившейся в том направлении, которое Леонид Исаакович придал развитию теории колебаний. Что же касается роли моделей в научном творчестве Леонида Исааковича, то, к сожалению, почти невозможно дать представление о неподражаемой виртуозности, с которой Леонид Исаакович умел уяснить и разъяснить сущность разнообразнейших явлений на простейших моделях вроде модели осциллятора или маятника на упругой нити. В сущности, родственным этому широкому использованию моделей было и постоянное стремление Леонида Исааковича выделить в квантовой теории и те ее стороны и результаты, которые, по крайней мере качественно, могут быть интерпретированы в наглядных представлениях классической физики. Так, например, все наиболее существенные результаты квантовой теории комбинационного рассеяния света Леонид Исаакович весьма просто и наглядно получал путем рассмотрения классической модели явления: колебания атомов или ионов в молекулах и кристаллах, т. е. периодические изменения расстояний между атомами, вызывают периодические изменения поляризуемости их электронных оболочек, а тем самым модулируют рассеиваемый атомами свет. Вместе с тем это выделение из квантовой теории положений, допускающих наглядную классическую интерпретацию, всегда использовалось Леонидом Исааковичем для того, чтобы тем резче оттенить основные особенности и чуждые классике результаты квантовой механики. { . . }

Печатается по тексту книги: Академик Л. И. Мандельштам. К 100-летию со дня рождения. М., 1979. С. 131—132.

И. Е. ТАММ.
**ФРАГМЕНТ ВСТУПИТЕЛЬНОГО СЛОВА «ХАРАКТЕРНЫЕ
ОСОБЕННОСТИ ТВОРЧЕСТВА ЛЕОНИДА
ИСААКОВИЧА МАНДЕЛЬШТАМА»**

НА ЗАСЕДАНИИ В ФИЗИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ АН СССР ПОСВЯ-
ЩЕННОМ 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ УЧЕНОГО

25 ноября 1964 г.

[...] Из истории науки мы знаем, что по ряду привходящих обстоятельств некоторые ученые приобретают известность, превышающую их истинные заслуги, другие же, наоборот, недооцениваются современниками и потомством. Несмотря на то что имя Леонида Исааковича пользуется широкой известностью, все же несомненно, что значимость его творчества не получила адекватного признания. Одной из причин этого была его необычайная скромность и самокритичность. Приведу в качестве иллюстрации только один пример.

В последние годы перед смертью Н. Бор неоднократно подчеркивал в своих статьях и устных докладах, какую важную роль для развития основ квантовой механики сыграло критическое отношение к ней Эйнштейна. На протяжении многих лет Эйнштейн периодически публиковал статьи, в которых пытался опровергнуть принципы квантовой механики на основе анализа «мысленных экспериментов», приводивших, по его мнению к парадоксам. Столь же регулярно Н. Бор публиковал ответные статьи¹ в которых эти парадоксы опровергались и разъяснялись. Конечно для этого требовался очень глубокий анализ и проникновение в сущность явления, что и способствовало в существенной мере прояснению основ квантовой механики. На никому, кроме ближайших учеников Леонида Исааковича, неизвестно, что он сам сразу же проводил анализ и опровержение каждой очередной критической статьи Эйнштейна. Когда мы просили его опубликовать свои соображения, он всегда отказывался на том основании, что, мол, Эйнштейн — такой великий человек что наверное знает что-то, чего он сам, Леонид Исаакович, не знает. Проходило несколько месяцев, появлялась ответная статья Н. Бора, и всегда оказывалось что ее доводы совпадали с соображениями Леонида Исааковича.

Печатается по тексту журнала: УФН. 1965. Т. 87, вып. 1. С. 4.

Источник: Физики о себе. — Л.: Наука, 1990.