

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**ПАМЯТИ ЛЕОНИДА ИСААКОВИЧА МАНДЕЛЬШТАМА
(К 85-летию со дня рождения и 20-летию со дня смерти)**

ОТ РЕДАКЦИИ

В прошлом году исполнилось 85 лет со дня рождения и 20 лет со дня смерти выдающегося советского физика академика Леонида Исааковича Мандельштама. Л. И. Мандельштам — ученый, стоявший на уровне крупнейших физиков нашего времени, — внес огромный вклад в развитие оптики, радиофизики, теории нелинейных колебаний, положил начало новым направлениям в этих областях физики. Многие ведущие советские физики с гордостью называют себя его учениками и продолжают разработку его физических идей.

В наше время выросло молодое поколение физиков, которые мало знают о том, чем обязаны многие современные направления в физике идеям Л. И. Мандельштама. Ученый совет Физического института имени П. Н. Лебедева Академии наук СССР посвятил 27 ноября 1964 года специальное заседание памяти Леонида Исааковича Мандельштама. Во вступительном слове И. Е. Тамма и в других докладах на этом заседании были освещены некоторые стороны научной деятельности Леонида Исааковича и развитие его идей в трудах советских физиков.

Редакция сочла целесообразным опубликовать материалы этого заседания.

92:530

**ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТВОРЧЕСТВА
ЛЕОНИДА ИСААКОВИЧА МАНДЕЛЬШТАМА
(Вступительное слово)**

И. Е. Тамм

Пятого мая этого (1964) года исполнилось 85 лет со дня рождения Леонида Исааковича Мандельштама, а сегодня, 27 ноября, — 20 лет со дня его смерти.

Леонид Исаакович внес непреходящий творческий вклад в развитие физики и оказал огромное влияние на ее развитие в нашей стране.

Обладая исключительным педагогическим дарованием, он уделял очень много труда и времени преподавательской деятельности. Он создал блестящую школу советских физиков; достаточно из числа его учеников упомянуть А. А. Андронова, Г. С. Ландсберга, М. А. Леонтовича, С. М. Рытова, С. Э. Хайкина; я тоже горжусь тем, что был его учеником.

Из истории науки мы знаем, что по ряду приводящих 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 статьи, в которых эти парадоксы опровергались и разъяснялись. Конечно, для этого требовался очень глубокий анализ и проникновение в сущность явлений, что и способствовало в существенной мере прояснению основ квантовой механики. Но никому, кроме ближайших учеников Леонида Исааковича, не известно, 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.

Из весьма многостороннего творчества Леонида Исааковича можно выделить несколько основных направлений — оптику, радиофизику, теорию нелинейных колебаний и, в последний период деятельности, квантовую механику. Я коснусь вкратце только двух из этих направлений.

Многообразные явления, связанные с рассеянием света, всю жизнь привлекали внимание Леонида Исааковича. Уже в своей профессорской диссертации 1907 г. он вскрыл ошибочность господствовавших в то время теорий Планка и Рэлея, согласно которым рассеяние света в средах может обуславливаться просто их молекулярной структурой, и показал как теоретически, так и экспериментально, что однородные среды света не рассеивают и что рассеяние обуславливается неоднородностью среды. Последующие работы М. Смолуховского, А. Эйнштейна и самого Леонида Исааковича показали, что эти неоднородности обуславливаются статистическими флуктуациями плотности среды.

В процессе этих исследований Леонид Исаакович предсказал, что при рассеянии света упругой средой должны наблюдаться расщепление длины волны рассеянного света, обусловленное своеобразным доплер-эффектом: ведь свет рассеивается на тепловых упругих волнах в среде, движущихся со скоростью звука. Некоторое указание на это явление заключалось в более ранней работе Бриллюэна, почему оно и получило наименование дублета Бриллюэна — Мандельштама. В частности, Леонид Исаакович рассчитал зависимость смещения частоты света от угла его

рассеяния и в середине 20-х годов совместно с Г. С. Ландсбергом поставил эксперименты для обнаружения этого эффекта. В ходе этих исследований оба ученых сделали замечательное открытие — открытие комбинационного рассеяния света. Оно дает гораздо большее смещение частоты рассеянного света, чем доплер-эффект, и обусловлено наложением на частоту света частоты изменения показателя преломления среды, вызванного ее упругими тепловыми колебаниями. На квантовом языке это означает, что при своем рассеянии фотон может либо поглотить, либо испустить фотон, т. е. квант, соответствующий упругим волнам в среде.

Комбинационное рассеяние имеет очень широкий круг применений, но Нобелевская премия за открытие этого явления, к сожалению, была присуждена не Л. И. Мандельштаму и Г. С. Ландсбергу, а индусскому физика Раману. Объясняется это, по-видимому, главным образом политическими соображениями, отчасти же необычайной самокритичностью Леонида Исааковича и Г. С. Ландсберга. Явление было открыто ими в конце 1927 г., однако они многократно его перепроверяли, добились высокой точности измерений и опубликовали первое сообщение только весной 1928 г., когда они смогли дать в этом сообщении и точную, подтвержденную измерениями теорию нового явления. У Рамана же к этому времени было опубликовано несколько очень коротких сообщений, содержащих качественное указание на аналогичное явление, открытое им в жидкостях (Л. И. и Г. С. экспериментировали на кристаллах), к тому же содержащих неправильную его интерпретацию.

Заметим, что и дублет Бриллюэна — Мандельштама, поиски которого привели к описанному открытию, также был экспериментально обнаружен. В Московском университете, где в то время работал Леонид Исаакович, тогда не было достаточно хорошей оптической аппаратуры, и он предложил проф. Д. С. Рождественскому в Ленинграде, в распоряжении которого такая аппаратура была, провести соответствующие измерения. Рождественский поручил их своему ученику Е. Ф. Гроссу, который поставил эксперимент и впервые обнаружил искомое расщепление линий в рассеянном свете. На предстоящем сегодня докладе И. Л. Фабелинского *) будут продемонстрированы сделанные с помощью лазера снимки дублета Мандельштама — Бриллюэна, отличающиеся поразительной четкостью. Докладчик расскажет также о том, как по измерениям этого дублета можно определять вязкость среды и дисперсию звука в ней. Все это — дальнейшее развитие идей Леонида Исааковича.

Хотя Леониду Исааковичу принадлежат основополагающие работы по теории нелинейных колебаний, а также очень важные работы по радиофизике, выполненные частично совместно с Н. Д. Папалекси, я не буду их касаться, так как у меня нет достаточной компетентности в этой области, а перейду сразу к квантовой теории.

Боровская теория атомов, носившая в значительной мере феноменологический характер, была по своему духу чужда Леониду Исааковичу, и он специально ею не занимался. Но уже через 1,5 — 2 года после появления первой работы Шрёдингера по «волновой механике» Леонид Исаакович опубликовал совместно с М. А. Леонтовичем очень важную работу, посвященную уравнению Шрёдингера. Очень характерна для Леонида Исааковича общность и глубина постановки проблемы, которая привела его к этой работе. Известно, что в квантовой механике возможные состояния элементарной частицы, например электрона, определяются граничными условиями, наложенными на волновую функцию, например,

*) См. стр. 9 этого выпуска УФН.

требованием, чтобы на бесконечности эта волновая функция оставалась конечной. Леонид Исаакович сразу обратил внимание на то, что это требование нуждается в дополнительном анализе и уточнении; при этом он исходил из того соображения, что изменение условий, например, на Марсе не может влиять на поведение электрона в оболочке атома, находящегося на Земле. В ходе этого анализа Леонидом Исааковичем и М. А. Леонтовичем была впервые развита теория того явления, которое в настоящее время широко известно под названием «прохождение частицы через потенциальный барьер». В дальнейшем Г. Гамову понадобилось только приложить эту теорию к конкретному физическому явлению радиоактивного альфа-распада, чтобы получить свои результаты, ставшие классическими.

Внимание Леонида Исааковича в квантовой теории, как и в других разделах физики, всегда привлекали наиболее глубокие, принципиальные проблемы. Я уже упоминал о его, — параллельных с Н. Бором, но оставшихся неопубликованными, — работах по анализу и опровержению парадоксов, выдвигаемых Эйнштейном с целью опровержения основ квантовой механики. Сейчас я хочу обратиться к его заключительным лекциям по основам квантовой механики, читанным им в 1939 г., полностью сохранившим свое значение и в настоящее время.

Замечу попутно, что в конце 30-х и в начале 40-х годов Леонид Исаакович прочел в Московском университете несколько циклов лекций, не входивших в учебный план университета, очень широко посещавшихся не только студентами и аспирантами, но и всеми преподавателями физики университета и многих московских вузов. Эти лекции были посвящены избранным принципиальным проблемам оптики, теории колебаний, теории относительности и квантовой механики. Все они отличались чрезвычайной ясностью, четкостью и глубиной. Я уверен, что было бы весьма полезно их переиздать, они помещены в полном собрании трудов Леонида Исааковича и давно уже стали библиографической редкостью.

Я коснусь здесь только его лекций по основам квантовой механики, носивших характерное название «Теория косвенных измерений», в которых он в значительной мере предвосхитил дальнейшие этапы развития квантовой теории. Леонид Исаакович исходил из того, что физические величины, с которыми оперирует теория, имеют смысл только при условии, если указаны вполне определенные рецепты измерения их на опыте. Для макротел это измерение реализуется просто; например, координата x -тела может быть измерена линейкой, принятой в качестве масштаба. «Поскольку, однако, речь идет о молекулярных вопросах, — говорил Леонид Исаакович, — такие рецепты невыполнимы принципиально, а не только практически... Поэтому, назвав x координатой, я не установил связи x с природой, я только сделал вид, что установил эту связь, сославшись на макромир. С такими «определениями» теория еще висит в воздухе. Правильнее было бы даже и называть x не координатой, а, например, ¹ квазикоординатой»). Далее Леонид Исаакович подчеркивает, что последнее звено необходимых нам измерительных рецептов обязательно макроскопическое и что поэтому прямые измерения возможны лишь для свободных или почти свободных частиц в слабых полях. Для исследования же связанных или взаимодействующих частиц необходимы косвенные измерения. «Принцип косвенного измерения состоит в том, что данную систему, в которой мы хотим измерить величину A , мы заставляем взаимодействовать с другой микросистемой, для которой

*) Л. И. Мандельштам, Полное собрание трудов, т. 5, М., Изд-во АН СССР, 1950, стр. 354—355.

уже возможно прямое измерение, и потом теоретически заключаем о значении A *)). При этом волновая механика оперирует с ψ -функциями, определяющими относительные вероятности тех или иных величин, характеризующих данную систему. Но говорить о вероятностях можно только в применении к совокупности или «коллективу», который должным образом определен или выделен. «Мы подошли к тому,— говорил Леонид Исаакович,— что я считаю наиболее существенным и важным. А именно, волновая механика утверждает, что для определения микромеханического коллектива, к которому и относится ψ -функция, достаточно указать (фиксировать) макроскопические параметры **)».

Я вкратце изложил содержание только вводных лекций из цикла, прочитанного Леонидом Исааковичем, но уже из приведенного, как мне кажется, можно видеть, насколько полно он предвосхитил последующие этапы развития теории. Так, в его идеях была предвосхищена развитая спустя 20 лет теория S -матрицы (т. е. матрицы рассеяния); эта теория утверждает, что при исследовании акта соударения элементарных частиц физическая теория должна ограничиваться описанием только реально наблюдаемых явлений, т. е. связи параметров, характеризующих свободные соударяющиеся частицы, с параметрами свободных частиц, разлетающихся после акта соударения, вовсе не входя в детальное пространственно-временное описание самого этого акта в малом. Столь же близки идеи Леонида Исааковича и к последующим теориям, исходящим из принципиальной неопределенности координат элементарных частиц в ультрамалых масштабах, отражающейся в некоммутативности операторов координат.

Я отнюдь не ставил перед собой задачи хотя бы в самых общих чертах обозреть вклад Леонида Исааковича в науку. Я хотел только на нескольких примерах проиллюстрировать характерные особенности его творчества.

Заканчивая, я не могу не коснуться личных свойств Леонида Исааковича. К сожалению, все меньше остается людей, лично его знавших, ощущавших неотразимое обаяние его личности, его необыкновенно внимательное отношение к ученикам, всячески поощрявшее их личную инициативу, его человеческую доброту в самом высоком смысле этого слова, сочетавшуюся со строгой принципиальностью и неслышимостью. Это поистине был Человек с большой буквы.

*) Там же, стр. 360.

**) Там же, стр. 356.