

# Илья Михайлович Лифшиц

(1917–1982)

К столетию со дня рождения



Илья Михайлович Лифшиц по праву принадлежит к числу выдающихся физиков XX века. Он внес огромный вклад в развитие теоретической физики конденсированного состояния и создал большую научную школу физиков-теоретиков в Харькове, а затем и в Москве. Его идеи послужили истоком новых направлений, которые активно развиваются и поныне.

Илья Михайлович родился в Харькове 13 января 1917 года. Его отец Михаил Ильич Лифшиц получил медицинское образование в Гейдельберге. К моменту рождения сына профессор Лифшиц был уже известным в Харькове врачом. Мать Берта Евзоровна была образованной женщиной, окончила гимназию, а затем курс юридического факультета Харьковского университета.

Илья Михайлович и его старший брат Евгений Михайлович получили прекрасное домашнее образование. Их учили трем иностранным языкам и игре на фортепиано. ЕМ занимался музыкой охотно, ИМ заниматься не очень хотел, но впоследствии ЕМ к роялю не прика-

сался, а ИМ продолжал играть всю жизнь. Однако для поступления в ВУЗ необходимо было иметь свидетельство о среднем образовании, и братья продолжили свое обучение в обычной школе-семилетке.

В 1931 году ИМ поступил на рабфак Харьковского механико-машиностроительного института (ХММИ). История его возникновения такова. В 1885 году профессор В.Н. Кирпичев основал Харьковский технологический институт. В 1930 году он разделился на три института: Харьковский механико-машиностроительный, Харьковский электротехнический и Харьковский химико-технологический (в настоящее время они снова объединены в Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»). Деканом физико-механического факультета (физмеха) ХММИ стал выдающийся физик И.В. Обреимов, первый директор Украинского физико-технического института (УФТИ).

Физмех был тесно связан с УФТИ, повторяя аналогичную связь Ленинградского Физтеха с Политехническим институтом. Большинство преподавателей физ-

меха были сотрудниками УФТИ — лекции читали выдающиеся экспериментаторы Л.В. Шубников, В.С. Горский, А.А. Слуцкий, кафедрой теоретической физики заведовали последовательно Д.Д. Иваненко, Л.В. Розенкевич, Л.Д. Ландау, кафедрой диэлектриков — К.Д. Синельников. Среди студентов первого набора были Е.М. Лифшиц, А.С. Компанеец, В.И. Хоткевич.

В 1933 году после окончания рабфака ИМ поступил на физмех ХММИ и одновременно в Харьковскую консерваторию по классу композиции. В 1935 году он стал экстерном математического отделения физмата Харьковского университета и в течение четырех с половиной месяцев блестяще сдал восемь математических курсов. Однако одновременно заниматься в трех вузах было непросто, и профессиональное музыкальное обучение пришлось оставить.

В это время И.В. Обреимов уже не был директором УФТИ, но продолжал руководить лабораторией физики кристаллов, главным направлением исследований которой был рентгенографический анализ кинетики образования промежуточных фаз твердых растворов. За год до окончания ХММИ Илья Михайлович был зачислен младшим научным сотрудником лаборатории Обреимова и оставался сотрудником УФТИ в течение последующих 32 лет.

В 1938 году ИМ блестяще окончил ХММИ и ХГУ. Сочетание физического, инженерного и математического образования наложило яркий отпечаток на все научное творчество ИМ. Глубокая физическая интуиция и виртуозное владение математическими методами позволило ему впоследствии решать сложнейшие задачи.

К моменту окончания ВУЗов ИМ уже опубликовал 9 научных статей. Шесть из них были математическими, а последние три были посвящены исследованию неидеальных кристаллов и их спектральных свойств. Осенью 1939 года ИМ за исследования корреляционных функций твердых растворов была присуждена ученая степень кандидата наук, а в мае 1941 года он защитил докторскую диссертацию «Теория оптического поведения неидеальных кристаллических решеток в инфракрасной области».

Во время войны УФТИ находился в Алма-Ате. В конце 1941 года ИМ возглавил отдел теоретической физики института и оставался на этой должности вплоть до своего переезда в Москву в 1969 году.

Все предвоенные и первые послевоенные годы Илья Михайлович занимался динамической теорией реальных кристаллов. Современная динамическая теория твердых тел — это теория реальных кристаллов, содержащих примеси, дислокации и другие нерегулярности, а также аморфных стекол, неупорядоченных сплавов — объектов, объединенных названием «неупорядоченные системы». Работы ИМ по физике неупорядоченных систем, выполненные в 1945–1952 годах, опередили свое время и стали классическими, а многие получен-

ные им результаты потом переоткрывались. В 2008 году на презентации книги «И.М. Лифшиц. Ученый и человек» в Институте физических проблем выступил сэръ С. Эдвардс, выдающийся британский физик-теоретик, известный своими результатами в физике конденсированного состояния, особенно в теории неупорядоченных систем и физике биополимеров. Он рассказал, как восхищался этими работами Ильи Михайловича, и как ему пришлось учить русский язык, чтобы прочесть их.

Результаты ИМ по теории неидеальных кристаллов были высоко оценены: в 1948 году он был избран членом-корреспондентом Академии наук Украины, а в 1952 году ему была присуждена премия имени Л.И. Мандельштама АН СССР.

Илья Михайлович неоднократно возвращался к теории неупорядоченных систем. В пятидесятые годы им было развито последовательное концентрационное разложение термодинамических величин твердых растворов, на базе чего впоследствии была построена теория тонкой структуры примесной зоны. В шестидесятых годах ИМ впервые описал общую структуру спектра элементарных возбуждений в неупорядоченных системах и построил количественную теорию флуктуационных уровней. А в конце семидесятых — начале восьмидесятых опубликовал ряд пионерских работ по теории прохождения волн и частиц через слои неупорядоченных сред. Итоги этих достижений подвела монография «Введение в теорию неупорядоченных систем» (И.М. Лифшиц, С.А. Гредескул, Л.А. Пастур, 1982), отмеченная Государственной премией Украины (1985).

В пятидесятые годы на первое место в круге интересов ИМ вышла электронная теория металлов. В это время в различных лабораториях мира активно проводились экспериментальные исследования осцилляций магнитной восприимчивости металлов, предсказанных Л.Д. Ландау еще в 1930 году и тогда же обнаруженных в Лейдене де Гаазом и ван Альфеном в висмуте. Теоретический расчет Ландау этих осцилляций для свободного электронного газа в квантующем магнитном поле был опубликован позднее, в 1939 году. ИМ была построена теория осцилляционной зависимости магнитной восприимчивости вырожденных проводников от магнитного поля при самых общих предположениях о виде электронного энергетического спектра (И.М. Лифшиц, А.М. Косевич, 1954). В результате была сформулирована и решена обратная задача восстановления поверхности Ферми (ПФ) по экспериментальным данным о зависимости периода осцилляций от ориентации магнитного поля (И.М. Лифшиц, А.В. Погорелов, 1954). Тем самым было создано новое направление в электронной теории металлов, названное впоследствии фермиологией.

Важнейшая идея ИМ состояла в установлении связи между геометрией и топологией поверхности Ферми и физическими свойствами металла (осцилляционными,

гальваномагнитными, резонансными и т.п.) в сильных магнитных полях. Так, различные типы поведения гальваномагнитных характеристик, наблюдаемые в эксперименте, определялись тем, какова ПФ — открытая или закрытая, и замкнуты или открыты траектории электрона при заданном направлении магнитного поля. Однако асимптотики гальваномагнитных характеристик были сначала получены лишь для закрытых ПФ (И.М. Лифшиц, М.Я. Азбель, М.И. Каганов, 1956), в то время как для полного решения задачи восстановления ПФ требовалось дополнительное (и значительно более тонкое) исследование случая открытых ПФ. Анализ гальваномагнитных явлений в металлах с открытыми ПФ привел к созданию надежного спектроскопического метода определения топологической структуры электронного энергетического спектра (И.М. Лифшиц, В.Г. Песчанский 1958, 1960).

В 1960 году ИМ обнаружил новый механизм влияния топологии ПФ на свойства металлов в области больших давлений, приводящий к аномалиям их термодинамических и кинетических характеристик. Им было предсказано изменение связности ПФ, вызванное изменением давления или иного контрольного параметра, например, концентрации примесей или концентрации компонентов в сплаве. Возникающая при этом добавка к термодинамическому потенциалу не аналитична по контрольному параметру и описывает специфический электронно-топологический фазовый переход, который в рамках классификации Эренфеста является переходом «двух-с-половинного» рода. В результате фермиология обогатилась еще одним тонким инструментом исследования электронных свойств металлов. Электронный топологический переход Лифшица и по сей день активно исследуется в разнообразных проводящих структурах в нормальном и сверхпроводящем состояниях.

Таким образом, ИМ был одним из первых, кто осознал важность топологических и геометрических представлений в физике конденсированного состояния и эффективно использовал их.

Итогом многолетних фермиологических исследований ИМ и его школы стала широко известная монография «Электронная теория металлов» (И.М. Лифшиц, М.Я. Азбель, М.И. Каганов, 1971). Вклад ИМ в электронную теорию металлов был отмечен премией имени Френсиса Саймона Английского физического общества (1962) и Ленинской премией (1967).

Параллельно с разработкой фермиологии ИМ выполнил замечательное исследование кинетики диффузионного распада пересыщенных твердых растворов (И.М. Лифшиц, В.В. Слезов, 1958). Был создан необходимый теоретический аппарат и получено изящное количественное решение проблемы. Изложенные в этой работе результаты имели многочисленные применения в физике конденсированного состояния и смежных

науках. Она стала самой цитируемой работой ИМ (более 4000 ссылок).

С 1944 года ИМ заведовал кафедрой статистической физики и термодинамики Харьковского университета (ныне кафедра теоретической физики имени академика И.М. Лифшица). Он блестяще читал лекции и любил общаться со студентами. В пятидесятые годы преподаватели физмата организовывали вечера-встречи первокурсников с факультетом. Преподаватели выступали с интересными историями о себе или связанными с выдающимися учеными, а затем давали концерт для студентов. ИМ охотно и с большим успехом выступал на таких вечерах.

Педагогический талант ИМ способствовал формированию большого числа физиков-теоретиков, составивших харьковскую школу Лифшица. Нравственные принципы ИМ прослеживаются в его работе со своими многочисленными учениками. Уважая их, он считал излишней мелочную опеку. Вместо темы диссертационной работы аспиранту обычно предлагался «темоид» — некоторое перспективное направление исследований, а задачи должен был увидеть и решить сам ученик. Приходить к ИМ надо было уже с готовым результатом, обсуждение которого было всегда эффективно. Именно благодаря такому методу обучения в нетепличных условиях рождались самобытные исследователи.

Великолепной школой для физиков-теоретиков был также городской семинар Лифшица, который проходил в Харьковском доме ученых. Выступить с докладом на этом семинаре было всегда почетно. Помимо учеников ИМ на нем выступали и другие физики, в том числе А.А. Абрикосов, Д.В. Волков, В.Л. Гинзбург, Л.Д. Ландау, Е.Л. Фейнберг и др.

В 1962 году ИМ начал преподавать и в Московском университете. Ректор Г.И. Петровский пригласил его туда в качестве профессора кафедры электродинамики и квантовой теории, руководимой М.А. Леонтовичем. А в 1968 году директор Института физических проблем П.Л. Капица предложил ИМ возглавить теоретический отдел института, которым до этого руководил Л.Д. Ландау. Предложение П.Л. Капицы, принятое в 1969 году, было признанием масштаба личности ИМ и высочайшего уровня его научных достижений. Научные связи ИМ с Харьковом сохранились и после переезда в Москву. А в Москве у него появились новые ученики, расширился круг интересных встреч с московскими учеными самых разных специальностей, появились и новые направления исследований.

Так, в шестидесятые годы его увлечением стала биофизика. Еще в Харькове в 1968 году ИМ доложил на городском семинаре свою первую биофизическую работу, посвященную статистической теории биополимеров. В ней впервые была построена полная замкнутая самосогласованная теории полимерной цепочки с объемными взаимодействиями. Речь шла не просто о

применении статистической физики к полимерам, но о понимании именно отдельной макромолекулы как статистико-термодинамической системы, где возможны даже, например, переходы типа клубок–глобула. Макромолекула была впервые истолкована как система с кинетически замороженной структурой — взгляд, открывший особенно широкие перспективы продвижения к тому, что Илья Михайлович называл «настоящей биофизикой».

Эти истинно новаторские идеи оставили большой след в биофизической науке. Сам автор воспринимал эту статью как первый шаг в построении теоретической физики биологических систем. И она действительно заложила основы современной статистической физики полимеров и биополимеров. Последующие работы ИМ и его московских учеников А.Ю. Гросберга и А.Р. Хохлова в этом направлении представляют собой одно из важных достижений биологической физики двадцатого века.

Вскоре после переезда в Москву была опубликована статья по квантовой теории дефектов в кристаллах (А.Ф. Андреев, И.М. Лифшиц, 1969), ставшая одной из наиболее цитируемых работ ИМ и положившая начало еще одному новому направлению в физике конденсированного состояния — теории квантовых кристаллов.

При очень низких температурах квантовые эффекты могут существенно влиять на поведение дефектов в кристалле. Вместо того чтобы вести себя как локализованные классические объекты, лишь изредка передвигающиеся из одного положения в другое, дефекты превращаются в «дефектоны» — квантовые возбуждения, практически свободно движущиеся через весь кристалл. В результате в квантовом кристалле должна происходить так называемая квантовая диффузия дефектонов, характерные черты которой такие же, как в газе свободно движущихся частиц. В отличие от обычных кристаллов квантовый кристалл (*supersolid* в английской терминологии) допускает два типа движения, характерные и для жидкости, и для твердого тела, не являясь в чистом виде ни тем, ни другим. Работа по квантовым кристаллам явилась еще одним из проявлений таланта ИМ открывать абсолютно новые направления в физике конденсированного состояния.

Разнообразие научного наследия ИМ поразительно велико. В каждой из областей, где он работал, ему принадлежат основополагающие идеи и результаты, во многом определившие их современное состояние. Это был длительный творческий процесс, который растягивался на долгие годы, а иногда и на всю жизнь. Так, первая юношеская работа Ильи Михайловича по теории неупорядоченных систем вышла в 1937 году, а

последняя была опубликована уже после того, как его не стало.

Многие полученные И.М. Лифшицем результаты не нуждаются в литературных ссылках, так как носят его имя: квантование Онзагера–Лифшица, формула Лифшица–Косевича, фазовые переходы Лифшица двух-половинного рода, коалесценция Лифшица–Слезова, асимптотики плотности состояний Лифшица, квантовые кристаллы Андреева–Лифшица.

Илья Михайлович был действительным членом Академии наук Украины, Академии наук СССР и Национальной Академии наук США. С 1960 года он руководил Научным Советом АН СССР по проблеме «Теория конденсированного состояния» и регулярно проводил московские и выездные заседания Совета, которые, по сути, были интереснейшими научными конференциями. С 1957 года он был членом комиссии по физике твердого тела Международного союза чистой и прикладной физики (IUPAP), в которой в разное время состояли Н.Н. Боголюбов, А.Ф. Иоффе, П.Л. Капица, И.Е. Тамм, Е. Амальди, Э. Сегре, Н. Мотт, К. Гортнер, Р. Пайерлс и другие.

Илья Михайлович был доброжелательным человеком, все его знавшие относились к нему с глубоким уважением и любовью. Он всегда был открыт для общения, легко ориентировался в наиболее запутанных явлениях, к нему тянулись физики, математики, биологи, чтобы обсудить с ним свои проблемы и результаты и получить дельный совет. ИМ был органически привержен истине, всегда был рад узнать что-то новое и охотно вникал в незнакомую или чуждую для него тематику, если она была по-настоящему интересной. Он был нравственным камертоном науки, создающим вокруг себя волны творческого воодушевления, единства любимой им науки и человеческого достоинства.

В 1985 году Джоэль Лейбовиц, главный редактор *Journal of Statistical Physics*, открывая специальный выпуск журнала (январь 1985), посвященный памяти ИМ, писал: «Хотя я никогда не встречался с Ильей Михайловичем, я чувствовал себя близким ему. Я был так восхищен его научной деятельностью и так много слышал о его личностных качествах, что всегда думал о нем, как о друге, познакомиться с которым я должен как можно скорее. К сожалению, этот момент так и не наступил...»

Вспоминая Илью Михайловича, мы благодарим судьбу за то, что она подарила нам возможность общения и совместной научной работы с выдающимся ученым, высокоинтеллектуальным и обаятельным человеком.

*С.А. Гредескул, Л.А. Пастур, В.Г. Песчанский*