

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

К 100-летию со дня рождения И.М. Лифшица

*Научная сессия Отделения физических наук
Российской академии наук, 18 января 2017 г.*

PACS numbers: 01.10.-m, 01.10.Fv

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2017.01.038043>

18 января 2017 г. в конференц-зале Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (РАН) состоялась научная сессия Отделения физических наук, посвящённая 100-летию со дня рождения И.М. Лифшица.

Объявленная на web-сайте ОФН РАН www.gpad.ac.ru повестка заседания содержала следующие доклады:

1. Гросберг А.Ю. (New York University, USA). *Илья Михайлович Лифшиц и физика биополимеров.*
2. Паустур Л.А. (Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина Национальной академии наук Украины, Харьков). *Неупорядоченные фермионы.*
3. Воловик Г.Е. (Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН, Москва; Aalto University, Finland). *Экзотические переходы Лифшица в топологической материи.*
4. Крапивский П. (Boston University, USA). *Теория Лифшица – Слёзова – Вагнера и социальная динамика.*
5. Горский А.С. (Институт проблем передачи информации, Москва). *Новые критические явления в случайных сетях и многочастичная локализация.*
6. Нечаев С.К. (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва; Междисциплинарный научный центр Понселе, Москва). *Статистика редких событий и иерархия: от "хвостов Лифшица" к модулярной инвариантности.*

Статьи, написанные на основе докладов 1, 3 и 6, публикуются ниже.

PACS numbers: 01.60.+q, 01.65.+g
DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2017.01.038041>

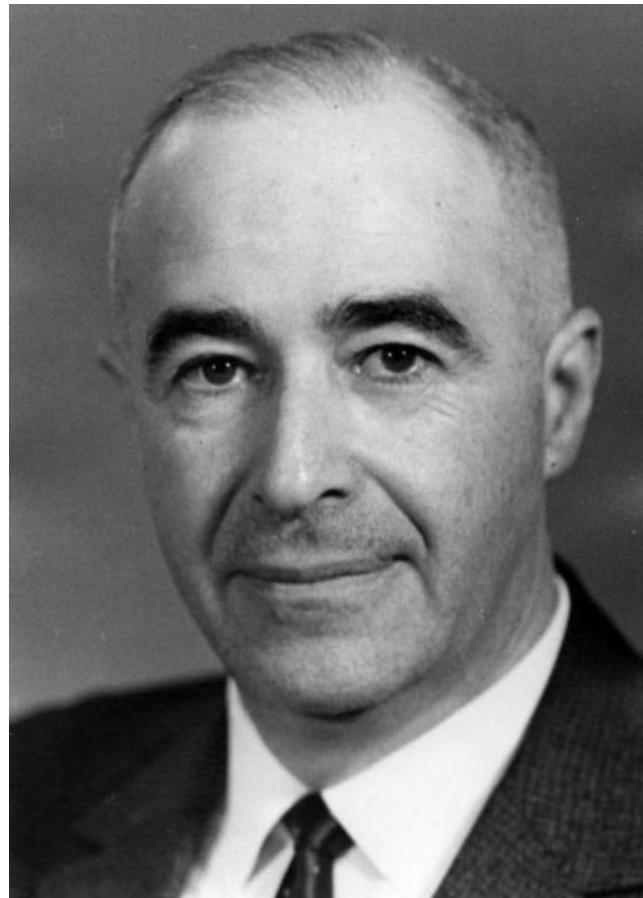
Илья Михайлович Лифшиц. К 100-летию со дня рождения

А.Ю. Гросберг

13 января 2017 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Ильи Михайловича Лифшица, одного из создателей современной теоретической физики конденсированного

А.Ю. Гросберг. Department of Physics and Center for Soft Matter Research, New York University, 726 Broadway, New York, NY 10003, USA
E-mail: aygl@nyu.edu

Статья поступила 20 декабря 2016 г.



Илья Михайлович Лифшиц
(13.01.1917–23.10.1982)

состояния вещества. Илья Михайлович родился, учился и до 1969 г. работал в Харькове (Украинский физико-технический институт и Харьковский университет). В конце 1960-х годов, оставив в Харькове активно и успешно работающую школу (которая продолжает успешно и активно работать и сегодня), он переехал в Москву, где по приглашению П.Л. Капицы возглавил теоретический отдел Института физических проблем после смерти Л.Д. Ландау. Еще за несколько лет до

своего переезда Илья Михайлович по приглашению ректора Московского университета им. М.В. Ломоносова (МГУ) И.Г. Петровского организовал специализацию по теории твёрдого тела на кафедре квантовой теории, которой заведовал М.А. Леонович, и стал вместе с Леоновичем соруководителем семинара на физическом факультете МГУ.

Подробная биография И.М. Лифшица опубликована и доступна [1, 2]. Но 100 лет — это большой срок; даже 35 лет со дня смерти Ильи Михайловича — тоже немалый срок. Уже не только ученики Ильи Михайловича, но и ученики его учеников — немолодые люди. В расцвете научного творчества находятся его научные правнуки. Илья Михайлович Лифшиц принадлежит истории. Поэтому представляется уместным в данной статье взглянуть на исторический контекст, развитие и современное состояние идей, сформулированных Ильёй Михайловичем в тех многочисленных областях физики, в которых он работал.

Если первая треть XX в. стала временем беспрецедентной революции в физике, то начиная с его середины началось планомерное продвижение в новые области — не только к большим энергиям и в глубь микромира, не только дальше в глубь Вселенной и её истории, но и ко всё более сложным веществам, средам, материалам и системам, — природным, искусственным и живым, окружающим нас. И в этом расширении горизонтов теоретической физики конденсированного вещества роль И.М. Лифшица трудно переоценить.

Одним из ранних успехов квантовой механики явилось объяснение того, почему некоторые кристаллы — диэлектрики, а другие — проводники (Ф. Блох, 1928 г.). Но почему разные металлы отличаются друг от друга? А они различаются, и очень существенно, особенно при низких температурах и в магнитном поле, о чём свидетельствовал накопленный к середине XX в. огромный экспериментальный материал. Делались попытки объяснить энергетические спектры электронов в различных кристаллах, изображая (в модели Друде—Лоренца—Зоммерфельда) изоэнергетические поверхности. Они выглядели пугающими монстрами и не давали, казалось, совершенно никакой подсказки о их возможной связи с какими бы то ни было наблюдаемыми свойствами металлов. Есть знаменитая фраза Резерфорда о том, что все науки подразделяются на физику и коллекционирование марок (удивительно ли, что эта шутка вспоминается в связи с И.М. Лифшицем — ведь Илья Михайлович был страстным филателистом!); так вот, с такой точки зрения коллекционирование изоэнергетических поверхностей металлов уж точно не казалось физикой большинству физиков. Илья Михайлович смотрел на вещи иначе, и постепенно его работы и впоследствии работы его учеников раскрыли сначала, что термодинамические свойства металлов, а потом — что и их кинетические свойства определяются геометрией их поверхностей Ферми. И.М. Лифшиц и его ученики разработали геометрический язык, в котором "именем собственным" каждого металла является его поверхность Ферми; в современной литературе это называется "фермиология".

Первый шаг на пути к фермиологии был сделан И.М. Лифшицем и Л. Онзагером, хотя они оба не знали о работах друг друга. Главная идея состояла в том, чтобы рассматривать движущийся в кристалле электрон в квазиклассическом приближении — как классическую частицу, но с необычной зависимостью энергии от импульса (квазимпульса) вместо привычного закона $\varepsilon = p^2/(2m)$. Сам по себе этот закон дисперсии имеет квантовую природу, и в принципе он должен быть найден для каждого конкретного металла посредством полного квантового расчёта. Но многие свойства оказалось возможным выяснить, рассматривая электрон с произвольным законом дисперсии: $\varepsilon = \varepsilon(p)$. Динамические характеристики электрона в такой трактовке естественным образом связываются с геометрией поверхности Ферми.

Первым успехом такой геометризации была теория эффекта де Гааза—ван Альфена (осцилирующей зависимости магнитной восприимчивости металла от $1/H$, обратной величины магнитного поля). И.М. Лифшиц и Л. Онзагер независимо показали, что доминирующий вклад в магнитную восприимчивость дают экстремальные сечения поверхности Ферми, перпендикулярные приложенному магнитному полю, что и приводит к выражению для периода осцилляций (1950–1952 гг.). Л. Онзагер остановился на этом, а И.М. Лифшиц пошёл дальше. Полная теория (И.М. Лифшиц и А.М. Косевич, 1953–1955 гг.) связала температурную зависимость амплитуды осцилляций с величиной скорости электрона и позволила оценить роль диссипативных процессов. Поступающее построение теории гальваномагнитных явлений (И.М. Лифшиц, М.Я. Азбель, М.И. Каганов, В.Г. Песчанский, 1956–1960 гг.) выявило влияние геометрии и топологии поверхности Ферми уже не только на термодинамические, но и на кинетические свойства металлов в магнитном поле. Одним из важнейших достижений фермиологии стало открытие сложной структуры электромагнитных полей в металлах, помещённых в статическое магнитное поле: незатухающие электромагнитные волны, резонансы (из них наиболее изучен циклотронный резонанс, иногда называемый резонансом Азбеля—Канера по фамилиям учеников Ильи Михайловича) и т.д.

Фермиология не только объяснила разнообразие свойств металлов, но и стала источником самых надёжных сведений об энергетических спектрах электронов. Благодаря фермиологии нам теперь известен в деталях энергетический спектр всех металлов и многих интерметаллических соединений. Геометрический язык позволил И.М. Лифшицу предсказать явление, которое в западной литературе называется переходом Лифшица, а в русскоязычной — электронно-топологическим переходом или переходом двухсполовинного рода. Такой переход возникает, когда, например, под влиянием приложенного давления в металле изменяется топология (связность) поверхности Ферми: отщепляются отдельные "пузырьки" или разрывается тонкая перемычка.

Фермиология, в создание которой И.М. Лифшиц и его ученики внесли решающий вклад, стала обязательной частью каждого серьёзного курса теории металлов. Для физики металлов фермиология важна не менее, чем теория сверхпроводимости Бардина – Купера – Шриффера или теория ферми-жидкости Ландау.

Если говорить не только о металлах, но и вообще о теории твёрдого тела, то И.М. Лифшицу принадлежат формулировка и решение двух фундаментальных обратных задач. Во-первых, как в принципе определить форму поверхности Ферми, т.е. как восстановить спектр фермиевских возбуждений? Во-вторых, как восстановить спектр бозе-спектра? Ответ для бозе-спектра состоит в том, что его можно однозначно восстановить по чисто термодинамическим данным измерения теплоёмкости, тогда как для восстановления ферми-спектра, как показали И.М. Лифшиц и А.В. Погорелов, необходимо (и достаточно) наличие данных по осцилляциям в магнитном поле.

Здесь нельзя не сказать и о квантовой диффузии дефектов — другом не менее важном вкладе Ильи Михайловича в самый фундамент физики твёрдого тела. До появления статьи А.Ф. Андреева и И.М. Лифшица (1969 г.) предполагалось само собой разумеющимся, что число узлов кристаллической решётки — это то же самое, что и число атомов. Оказалось, и после опубликования работы Андреева и Лифшица стало "всем хорошо известно", что вакансии в кристалле (например, Не-4), даже при нулевой температуре могут двигаться за счёт квантово-механического туннелирования, они естественно интерпретируются как бозе-квазичастицы и могут формировать сверхтекучий конденсат. Соответствующее новое состояние вещества обычно называют квантовым кристаллом (*super-solid* в англоязычной литературе). Насколько известно автору настоящей статьи, вопрос о наблюдении этого состояния остаётся открытым и противоречивым и продолжает привлекать внимание даже сейчас, через 40 (!) лет после его предсказания.

Кстати, работа о квантовой диффузии — одна из наиболее цитируемых статей И.М. Лифшица. Но самая часто цитируемая его работа — это статья 1958 года в соавторстве с В.В. Слёзовым о кинетике фазового перехода первого рода на стадии коалесценции зародышей. Этот процесс, называемый оствальдовским укрупнением/созреванием (*Ostwald coarsening/ripening*), качественно был известен давно, но благодаря характерно красивому математическому анализу проблемы И.М. Лифшиц и В.В. Слёзов достигли замечательного проникновения в физическую суть явления. Их закон роста среднего размера зародыша со временем ($\sim t^{1/3}$) — признанная классика¹. Сюда же относится и пионерская работа И.М. Лифшица и Ю.М. Кагана о квантовой кинетике фазового перехода первого рода, когда зародыши

образуются путём квантового подбарьерного туннелирования (1972 г.).

Хотя физика металлов была первой областью, в которой творческий потенциал И.М. Лифшица раскрылся в полной мере, самой постоянной его привязанностью была, вероятно, физика беспорядка. Интерес к физике беспорядка проходит красной нитью через всё его творчество. Хронологически первой областью активной творческой работы Ильи Михайловича в конце 1930-х годов стала физика реальных (т.е. неидеальных) кристаллов (отметим, что докторскую диссертацию, посвящённую этому предмету, он защитил в возрасте 24 лет). В то время всё, что было известно теоретикам о твёрдых телах, касалось идеальных (т.е. идеально упорядоченных) кристаллов. Конечно, все осознавали наличие примесей, но рассматривали их исключительно как помехи, как центры рассеяния, объясняющие электрическое сопротивление. Аморфные же тела вообще были за гранью теоретической физики. Оказалось, что примеси являются не только центрами рассеяния, но и источниками локальных колебательных мод, что приводит к отклонению теплоёмкости твёрдого тела от предсказанной Дебаем и к зависимости теплоёмкости от примесей.

Если работы И.М. Лифшица 1940-х годов относятся к беспорядку решётки, то электронные свойства неупорядоченных материалов прочно заняли место в центре его интересов с конца 1950-х годов. Однако недостаточно будет сказать только, что он обратился к изучению электронных свойств неупорядоченных материалов — точнее говоря, именно его работы наряду с работами таких теоретиков, как Ф. Андерсон и Н. Мотт, и создали эту новую область исследований. Конечно, интерес к данной области подогревался техническими приложениями легированных полупроводников, но это никак не умаляет интеллектуального лидерства И.М. Лифшица. Ему принадлежит, в частности, знаменитый метод оптимальной флуктуации и связанная с ним концепция, широко известная как "хвосты Лифшица". Объясняя концепцию беспорядка, Илья Михайлович любил употреблять слово "память", подчёркивая, что, например, определённое расположение примесных атомов, которое возникает при приготовлении системы, "запоминается" — в том смысле, что оно не меняется при последующем тепловом движении системы. Если простейшей моделью регулярного кристалла является движение частицы в пространственно-периодическом потенциале, то неупорядоченную систему в простейшем случае можно представить как набор расположенных в узлах регулярной пространственно-периодической решётки потенциальных ям со случайными глубинами (так называемая модель Андерсона) или как набор ям одинаковой глубины, но расположенных в случайных точках в пространстве (модель Лифшица).

И.М. Лифшицу принадлежит замечательный по своей простоте анализ вопроса о том, как этот замороженный, или "запомненный", беспорядок влияет на спектр возможных энергетических состояний. Идея состоит в том, что появление энергетического уровня на некотором расстоянии от границы запрещённой зоны спектра пе-

¹ Независимо от И.М. Лифшица и В.В. Слёзова аналогичные результаты получил также С. Вагнер. Первая статья И.М. Лифшица и В.В. Слёзова была опубликована в *ЖЭТФ* в 1958 г., её более подробная версия на английском языке — тремя годами позднее, в 1961 г., тогда же, когда и работа Вагнера. Поэтому теорию обычно называют теорией Лифшица–Слёзова–Вагнера.

риодической системы возможно только при определённом скоплении примесей или при более глубоких либо близко расположенных ямах, и, как показал Илья Михайлович, доминирующий вклад в вероятность появления такого уровня дают вполне определённые реализации беспорядка, которые с его лёгкой руки называются оптимальными флуктуациями. Анализируя их, И.М. Лифшиц в 1963–1964 гг. пришёл к выводу о наличии экспоненциально убывающей вероятности нахождения уровней. Этот результат и вошёл в физику под названием "хвосты Лифшица". Замечательная универсальность полученных результатов и глубокое проникновение в суть проблемы видны уже и в том, что "хвосты Лифшица", как теперь твёрдо установлено, существуют не только в модели Лифшица, но и в модели Андерсона, как, впрочем, и во многих других системах. Книга *Введение в теорию неупорядоченных систем* И.М. Лифшица, С.А. Гредескула и Л.А. Пастура, суммировавшая эти и другие результаты, вышла из печати в 1982 г., совсем незадолго до смерти Ильи Михайловича.

Внутренняя логика развития физики неупорядоченных систем естественным образом привела Илью Михайловича к полимерам. Полимеры привлекли внимание И.М. Лифшица в контексте происходившей на его глазах революции в биологии и зарождения молекулярной биологии. С начала 1960-х годов Илья Михайлович принимал участие в знаменитых Школах по молекулярной биологии в Дубне и воспринял задачи физики биополимеров как вызов для теоретической физики конденсированного вещества, точнее для физики неупорядоченных систем. Он одним из первых (если не первым) понял, что "информационное содержание" биологических макромолекул и "замороженный беспорядок" в физических системах — это неожиданно близко родственные понятия, а часто просто два разных названия одного и того же.

Снова И.М. Лифшиц использовал идею "памяти": в самом деле, последовательность звеньев в полимере, как и расположение примесей в твёрдом теле, возникает в ходе приготовления (синтеза) и далее в ходе теплового движения не изменяется. Именно это стало отправной точкой его работ по полимерам. Илья Михайлович, конечно, прекрасно осознавал серьёзное различие, состоящее в том, что беспорядок в физических системах обычно является результатом какого-то более или менее случайногопроцесса, тогда как последовательность звеньев, скажем, в молекуле белка генерируется высокоорганизованным процессом биосинтеза в клетке на рибосоме. В этом смысле использование термина "беспорядок" применительно к белку пугает и дезориентирует. Тем не менее сходство есть, и оно важно. Возможно, поэтому Илья Михайлович настаивал на использовании слова "память", а в применении к полимерам — "линейная память". Такое название не прижилось, но идея к настоящему времени полностью принята — настолько, что большинство уже не помнит её автора.

Надо сказать, что примерно в то же время, в середине 1960-х годов, физика полимеров на Западе переживала своего рода революцию, или изменение парадигмы,

связанное в основном с именами П.Ж. де Жена и С.Ф. Эдвардса. Работы И.М. Лифшица по физике полимеров и впоследствии работы его учеников стали естественной и существенной частью этой революции, превратившей к настоящему времени полимеры в один из краеугольных камней важной новой области — физики "мягкого" конденсированного вещества.

Подчеркнём следующую особенность "программы Лифшица" в физике полимеров — программы, появившейся уже в его первой работе о полимерах 1968 года. С самого начала он отметил, что, поскольку даже теория простых жидкостей, состоящих из малых молекул, невозможна без неконтролируемых приближений, нет никаких шансов построить такую теорию для гораздо более сложной системы, в которой малые молекулы соединены в длинные цепи. С характерным изяществом он перевернул постановку вопроса: предположим, сказал он, что термодинамические функции простой жидкости разорванных звеньев нам известны, и посмотрим, как выразить через них свойства полимера. Оглядываясь назад, нельзя не отметить сходства этой идеи "произвольной системы разорванных звеньев" с "электроном с произвольным законом дисперсии".

Главное достижение И.М. Лифшица в физике полимеров — создание концепции и теории переходов типа клубок–глобула. Сначала (1968 г.) была развита прототипическая теория такого перехода для самого фундаментального случая одиночного гомополимера. Эта теория суммирована в обзоре 1978 года (тоже одна из наиболее цитируемых статей И.М. Лифшица). Впоследствии уже в основном усилиями учеников была собрана огромная коллекция других переходов такого типа. В качестве примера можно упомянуть хотя бы такую активную в последние годы область исследований, как фолдинг (сворачивание) генома, т.е. вопрос о том, как двухметровая нить ДНК упакована в 10-микрометровом ядре каждой клетки человеческого тела. Глобулярность генома можно уже считать общепризнанным фактом, и все многочисленные дискуссии в этой области вращаются вокруг вопроса о том, каковая в точности эта глобула: насколько она равновесна, сколько в ней узлов, каковы её фрактальные свойства, динамика и т.д.

Другая яркая иллюстрация современного развития идей о глобулах касается теоретических работ о сворачивании белков (protein folding) и соответствующих моделях. Здесь центральная идея известна как дизайн — искусственный процесс, позволяющий "конструировать" последовательности, обладающие определёнными желательными свойствами (например, однозначно складывающиеся, устойчивые к мутациям и т.д.), а также оценить их число, т.е. соответствующую энтропию.

Легко привести и другие примеры плодотворности идей И.М. Лифшица о полимерных глобулах. Если до появления работ И.М. Лифшица в физике полимеров доминировали либо концепции одномерной физики (поворотно-изомерная модель и т.п.), либо эмпирические в своей основе теории П. Флори, либо концепция скейлинга П.Ж. де Жена, то Илья Михайлович, в сущности, открыл целую новую область, о которой "полимерные"

физики прежде практически не задумывались и которая, кроме того, оказалась наиболее важной для многих приложений, включая биологические.

По времени поворот интересов И.М. Лифшица к полимерам почти совпал с его переездом в Москву. Самый первый его лекционный курс для студентов физического факультета МГУ назывался "Теория полимерных цепей". Это имело далеко идущие последствия. Сначала появились ученики, потом стал проводиться семинар по физике полимеров, привлекавший и объединявший теоретиков в полимерной и биополимерной области не только из Москвы, но и из других городов СССР. Впоследствии из этого выросла кафедра физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ, превратившаяся затем в крупный учебно-научный центр.

Большого учёного характеризуют не только успехи, но и неудачи (даже относительные). В этом смысле интересна история работы И.М. Лифшица о "плавлении" гетерополимерной ДНК (1973 г.). Эта работа относительно мало цитируется, хотя она содержит совершенно правильный и, как всегда у И.М. Лифшица, математически очень элегантный анализ кривых плавления для случайной ("замороженной") беспорядочной последовательности нуклеотидов. Основная идея заключалась в том, чтобы на основании измеряемой тонкой структуры кривых плавления решить обратную задачу — "прочитать" последовательности. Таким образом, цель была чрезвычайно амбициозная, проблема очень важная, во время поставленная и связанная с двумя излюбленными темами Ильи Михайловича: замороженным беспорядком и обратными задачами. Неудачей эту работу можно назвать только потому, что были найдены совершенно другие способы чтения последовательностей ДНК, сегодня превратившиеся в огромную индустрию. Но Илья Михайлович задумался о проблеме за несколько десятилетий до того, как она "вашла в моду". Не похоже ли это на его обращение к электронным свойствам неупорядоченных систем ещё до появления всеобщего интереса к легированным полупроводникам?

Возвращаясь к началу, уместно поставить вопрос: можем ли мы теперь, через 35 лет после смерти Ильи Михайловича, сказать, какие из его многочисленных конкретных достижений закрепились в золотом фонде теоретической физики? Немалое число явлений и/или теорий носят его имя: теория Лифшица – Слёзова – Вагнера, хвосты Лифшица, переход Лифшица, формула Лифшица – Косевича². Но, пожалуй, ещё более интересно посмотреть на те области, в которых его имя уже не всегда упоминается, поскольку "это всем известно". Сюда, несомненно, относятся идея о том, что электронные свойства металла определяются геометрией его поверхности Ферми, идея замороженного беспорядка и оптимальной флуктуации, полимерные глобулы и переход клубок – глобула, квантовые кристаллы... И это впечатляющий список. Развитие теоретической физики

за последние 35 лет также подтвердило глубину интуиции Ильи Михайловича — ведь именно бывшие в центре его интересов разделы физики, такие как теория неупорядоченных систем, аморфных материалов и стёкол, теория биополимеров и физика живого ("настоящая биофизика", как он любил говорить), оказались среди наиболее бурно развивающихся.

Можно посмотреть на его наследие и иначе и задаться вопросом: какие из его результатов вошли в такую энциклопедию теоретической физики, как 10-томный курс Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица? Кроме теории коалесценции, квантования Лифшица – Онзагера, теории эффекта де Гааза – ван Альфена и теории гальваномагнитных явлений, которые упоминались выше, мы найдём там также теорию теплоёмкости сильно анизотропных кристаллов (И.М. Лифшиц, 1952 г.).

На ещё более глубоком уровне можно задуматься о единстве стиля в работах Ильи Михайловича: виртуозное умение создать общую картину из рассмотрения предельных случаев, изощрённый качественный анализ физики, одухотворяющий применяемую математику, аргументация в терминах функционалов, баланс между общностью подхода и специфиностью задачи (как в фермиологии и системе разорванных звеньев) — те черты, которые сразу приходят в голову.

Резюмируя, нельзя не восхититься глубокой интуицией Ильи Михайловича. Раз за разом ему удавалось находить и создавать такие направления исследований, которые не казались ни интересными, ни многообещающими большинству физиков-теоретиков (неупорядоченные системы в 1940–1960-е годы, металлы в 1950-е, полимеры в 1960-е и 1970-е), но неизменно через пару десятилетий (!) выяснялось, что Илья Михайлович смотрел глубже и видел дальше большинства коллег, и, хотя он никогда не следовал моде, мода часто следовала за ним³. Во многих случаях ему удалось сделать предметом теоретической физики целые области, которые до него вообще не были доступны никакому систематическому описанию. Уже по одному этому можно теперь, через 100 лет после его рождения и 35 лет после его смерти, с уверенностью заключить, что суд истории относит И.М. Лифшица к кругу истинно выдающихся физиков-теоретиков XX века.

Автор признателен С.А. Гредескулу, М.И. Каганову, А.Р. Хохлову и особенно Д.Е. Хмельницкому за дружескую критику и интересные комментарии.

Список литературы

1. Каганов М И "Илья Михайлович Лифшиц. Жизнь и творчество", в сб. Лифшиц И М Электронная теория металлов. Полимеры и биополимеры. Избранные труды (М.: Наука, 1994) с. 408–431
2. Гредескул С А "Илья Михайлович Лифшиц. Научно-биографический очерк", в сб. Илья Михайлович Лифшиц. Ученый и человек (Харків: ННЦ УФТИ, 2006)

² Google подскажет ещё трикритическую точку Лифшица, но в этом случае имеется в виду Евгений Михайлович Лифшиц, брат Ильи Михайловича.

³ Здесь снова вспоминается Резерфорд. Один из коллег в его присутствии сказал что-то вроде: "Везунчик этот Резерфорд, он всё время оказывается на гребне волны", — на что Резерфорд ответил: "Так это же я и создаю эту волну, не так ли?"

Статьи Ильи Михайловича Лифшица, об Илье Михайловиче Лифшице и посвящённые Илье Михайловичу Лифшицу на страницах журнала *"Успехи физических наук"*

Статьи И.М. Лифшица

И.М. Лифшиц, С.И. Пекар "Таммовские связанные состояния электронов на поверхности кристалла и поверхностные колебания атомов решётки" УФН **56** 531–568 (1955)

И.М. Лифшиц, М.И. Каганов "Некоторые вопросы электронной теории металлов. I. Классическая и квантовая механика электронов в металлах" УФН **69** 419–458 (1959)

И.М. Лифшиц, М.И. Каганов "Некоторые вопросы электронной теории металлов. II. Статистическая механика и термодинамика электронов в металлах" УФН **78** 411–461 (1962)

И.М. Лифшиц "О структуре энергетического спектра и квантовых состояниях неупорядоченных конденсированных систем" УФН **83** 617–663 (1964)

И.М. Лифшиц, М.И. Каганов "Некоторые вопросы электронной теории металлов. III. Кинетические свойства электронов в металле" УФН **87** 389–469 (1965)

А.Ф. Андреев, И.М. Лифшиц "Квантовая теория дефектов в кристаллах" УФН **102** 323–323 (1970)

И.М. Лифшиц, А.Ю. Гросберг "Диаграмма состояний полимерной глобулы и проблема самоорганизации ее пространственной структуры" УФН **113** 331–334 (1974)

И.М. Лифшиц, А.Ю. Гросберг, А.Р. Хохлов "Объемные взаимодействия в статистической физике полимерной макромолекулы" УФН **127** 353–389 (1979)

М.И. Каганов, И.М. Лифшиц "Электронная теория металлов и геометрия" УФН **129** 487–529 (1979)

Статьи об И.М. Лифшице (Personalia)

М.Я. Азбель, М.И. Каганов "Илья Михайлович Лифшиц (К пятидесятилетию со дня рождения)" УФН **91** 559–561 (1967)

П.Л. Капица, А.Ф. Андреев, М.И. Каганов "Илья Михайлович Лифшиц (К шестидесятилетию со дня рождения)" УФН **121** 175–176 (1977)

А.Ф. Андреев, А.С. Боровик-Романов, И.Е. Дзялошинский, Я.Б. Зельдович, Ю.М. Каган, М.И. Каганов, П.Л. Капица, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский, И.М. Хлатников "Памяти Ильи Михайловича Лифшица" УФН **140** 521–522 (1983)

Специальный номер УФН, посвящённый 80-летию со дня рождения Ильи Михайловича Лифшица (УФН **167 113–240 (1997))**

ОБЗОРЫ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

А.Р. Хохлов, Е.Е. Дормидонтова "Самоорганизация в ион-содержащих полимерных системах" УФН **167** 113–128 (1997)

А.Ю. Гросберг "Неупорядоченные полимеры" УФН **167** 129–166 (1997)

М.И. Трибельский "Коротковолновая неустойчивость и переход к хаосу в распределенных системах с дополнительной симметрией" УФН **167** 167–190 (1997)

М.И. Каганов, Н.Б. Пустыльник, Т.И. Шалаева "Магноны, магнитные поляритоны, магнитостатические волны" УФН **167** 191–237 (1997)

ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

А.Ю. Гросберг, М.И. Каганов, М.И. Трибельский, А.Р. Хохлов "Илья Михайлович Лифшиц (к 80-летию со дня рождения)" УФН **167** 239–240 (1997)