

*Неповторимость талантов
и творческих возможностей разных людей
(будь то в области науки, искусства или
других сфер деятельности человека) –
самое ценное отличие человека от
его технических конкурентов.*
І.М. Ліфшиць

**Академік Ілля Михайлович Ліфшиць –
глава школи фізиків-теоретиків
та фундатор кафедри теоретичної фізики фізичного факультету
(До 100-річчя з дня народження)**

Р.В. Вовк, Г.І. Рашба

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Україна, 61022, м. Харків, пл. Свободи, 4*

Biographical data of the outstanding physicist Il'ya Mikhailovich Lifshits are given and his main scientific achievements in the field of Theoretical physics are considered. Photography and documents illustrating the life of I.M. Lifshits and his glorious scientific path are presented. Many of them for the first time are published.

Keywords: fermiology; disordered systems; biopolymers; quantum crystals; condensed matter theory.

Наведені біографічні дані стосовно видатного фізика академіка Іллі Михайловича Ліфшиця та розглянуто його основні наукові досягнення у галузі теоретичної фізики. Представлені фотографії та документи, які ілюструють життя та славетний науковий шлях І.М. Ліфшиця. Багато з них публікуються вперше.

Ключові слова: ферміологія; неупорядковані системи; біополімери; квантові кристали; теорія конденсованого стану.

Приведены биографические данные выдающегося физика академика Ильи Михайловича Лифшица и рассмотрены его основные научные достижения в области теоретической физики. Представлены фотографии и документы, иллюстрирующие жизнь и славный научный путь И.М. Лифшица. Многие из них публикуются впервые.

Ключевые слова: фермиология; неупорядоченные системы; биополимеры; квантовые кристаллы; теория конденсированного состояния.

У сучасних умовах необхідно наполегливо підкреслювати фундаментальну важливість освіти і науки як невід'ємних компонентів існування розвинених людських спільнот і, звичайно, підтримувати і розвивати відповідні традиції. Ілля Михайлович Ліфшиць (Рис. 1) входить до ряду всевітньо відомих математиків і фізиків, пов'язаних з Харківським університетом, які створювали ці славетні традиції. Тому нам – представникам Харківського університету – високих традицій освіти і науки не позичати і саме це дає нам право говорити про них привселюдно.

Наукові результати І.М. Ліфшиця у значній

мірі сформували сучасну теоретичну фізику конденсованого стану. У його роботах вражає не тільки їх глибина і завершеність, але також і спектр напрямків, до яких ці роботи відносяться: від задач зонного плавлення та розпаду пересичених твердих розчинів, що наполовину фізика, а наполовину хімія або навіть техніка, до фундаментальних питань сучасної теоретичної фізики. Йому належать результати, які лягли в основу ряду нових напрямків науки, результати, які являються суттєвим внеском до вже існуючих напрямків і, нарешті, результати, які по суті завершують кілька областей фізики твердого тіла. Важливо відзначити, що все це, як і раніше, живе і



Рис.1. Фотопортрет І.М. Ліфшиця [1].

використовується. Біографічні дані про І.М. Ліфшиця та основні відомості про його життєвий шлях, наукову і науково-педагогічну діяльність опубліковані в [1-4].

13 січня 2017 р. виповнилось 100 років із дня народження Ліфшиця Іллі Михайловича – видатного фізика-теоретика. З його ім'ям пов'язано створення декількох нових розділів теоретичної фізики конденсованого стану. Насамперед, це є теорія неупорядкованих систем, де І.М. Ліфшиць був її першим «батьком-фундатором». Саме він запропонував основні поняття цієї теорії та сформулював низку її глибоких ідей. Це є електронна теорія металів в її сучасному формулюванні – так звана «ферміологія». І.М. Ліфшиць розробив природну мову, в термінах якої електронні властивості металів описуються найбільш адекватним шляхом. Він є фундатором статистичної фізики полімерів та біополімерів. Ілля Михайлович вперше побачив у біополімері принципово новий фізичний об'єкт. У результаті народився новий розділ теоретичної фізики, значна частина методів якого належить саме І.М. Ліфшицю. Нарешті, це теорія квантових кристалів – нового стану речовини, біля витоків якої стояв саме І.М. Ліфшиць.

Кожен з цих розділів фізики досі є конче актуальним, привертає постійну увагу дослідників та

вважає нас новими ідеями та результатами.

Багато із запропонованих І.М. Ліфшицем концепцій не потребують літературних посилань, тому що носять його ім'я: квантування Онсагера-Ліфшиця, формула Ліфшиця-Косевича, фазові переходи Ліфшиця 2.5 роду, коалесценція Ліфшиця-Сльозова, хвости Ліфшиця густини станів, квантові кристали Андрєєва-Ліфшиця.

Визнання: І.М. Ліфшиць був академіком Академії наук України, СРСР та національної Академії Наук США, лауреатом міжнародної премії Саймона, премії АН СРСР імені Мандельштама, Ленінської премії, Державної премії України (Рис. 2, а, б, в). Він працював керівником відділів теоретичної фізики Українського фізико-технічного інституту (1941-1969) та Інституту фізичних проблем АН СРСР (1969-1982), завідувачем кафедри теоретичної фізики Харківського університету (1944-1968).

Ілля Михайлович Ліфшиць народився у Харкові 13 січня 1917 р. (30 грудня 1916 р. за старим стилем) (Рис. 3). Він був молодшим сином у родині, брат Євген Михайлович був на два роки старший. Батько Михайло Ілліч Ліфшиць (1878-1934) (Рис. 4), виходець з дуже бідної єврейської родини, отримав медичну освіту у Гейдельберзі (Німеччина). Він був нагороджений золотою медаллю за найкращу студентську роботу і у числі найкращих випускників-медиків Європи був прийнятий англійською королевою. До моменту народження молодшого сина він був вже відомим і успішним лікарем і мав славу в Харкові, як блискучий діагност. Мати І.М. Ліфшиця – Берта Євзоровна (Мазель) (1885 - 1976) (Рис. 5) була із забезпеченої сім'ї із Полоцька – її батько торгував лісом. Для свого часу вона була дуже освічена жінка – закінчила курс юридичного факультету Харківського університету.

У квітні 1916 р. М.І. Ліфшиць придбав двоповерховий будинок на вул. Єпархіальній (Артема), 18 (Рис. 6). Зараз там знаходиться консульство Польщі. Сім'я мешкала у цьому будинку аж до початку війни. Саме у цьому будинку І.М. Ліфшиць народився і прожив до самої евакуації у 1941 р. Після закінчення семирічної середньої школи (1931 р.) та дворічного навчання на робфаку, у 1933 р. І.М. Ліфшиць став студентом фізико-механічного факультету Харківського механіко-машинобудівного інституту (Рис. 7.), відкритого у тому ж 1930 р., що і Український фізико-технічний інститут (УФТІ). Факультет був тісно пов'язаний з УФТІ.

У 1935 році паралельно з навчанням у механіко-машинобудівному інституті І.М. Ліфшиць був екстерном математичного відділення фізмату Харківського університету (Рис. 8).

Протягом чотирьох з половиною місяців він блискуче склав вісім навчальних курсів (три курси з теорії функцій, два з геометрії, два курси диференціальних рівнянь і варіаційного числення).



а



б



6

Рис. 2. Нагороди І.М. Ліфшиця за його наукові досягнення.

Екзаменаторами були професори Н.І. Ахієзер, Я.П. Бланк, М.Н. Марчевський, Д.М. Сінцов. Нижче на рис. 9-12 наведені їх дуже схвальні відгуки стосовно високого рівня володіння навчальним матеріалом, продемонстрованого І.М. Ліфшицем.

Свою першу наукову роботу «Об определении минимальной поверхности по заданному сферическому изображению плоского контура» І.М. Ліфшиць опублікував, коли йому було лише 18 років. У 1936 році він закінчив екстерном фізмат Харківського державного університету (ХДУ) за спеціальністю "математика" (Рис. 13). У цьому і у наступному 1937 р. ним були опубліковані ще чотири математичні статті. Цей потужний математичний старт І.М. Ліфшиця як вченого, безумовно, зіграв суттєву роль в його науковому житті.

У 1937 р. І.М. Ліфшиць починає працювати молодшим науковим співробітником в УФТІ (Рис. 14) у складі групи І.В. Обреїмова. Саме робота у цій групі і особисті наукові контакти з І.В. Обреїмовим, провідним спектроскопістом Союзу, привернули пильну увагу І.М. Ліфшиця до неідеальних систем та їх спектральних властивостей. Ці властивості стали головною темою його досліджень в передвоєнні і перші післявоєнні роки. Вперше у світі І.М. Ліфшицем

були класифіковані два типи безладу – вузельний і структурний і розраховані кореляційні функції твердих розчинів. Саме дві статті з цього циклу робіт склали предмет кандидатської дисертації І.М. Ліфшиця "До теорії твердих розчинів", захищеної ним у 1939 р., коли йому було двадцять два роки. Починаючи з 1938 р., І.М. Ліфшиць працює викладачем на кафедрі теоретичної фізики Харківського університету. Таким чином відразу після захисту кандидатської дисертації він стає старшим науковим співробітником УФТІ і доцентом ХДУ. Яків Ілліч Френкель, рекомендуючи І.М. Ліфшиця в якості кандидата на отримання Сталінської стипендії для докторантів, підкреслював його надзвичайну талановитість та передбачав величезні досягнення І.М. Ліфшиця у майбутньому (див. рекомендацію на Рис. 15).

Лев Давидович Ландау підкреслював, що у 24 роки І.М. Ліфшиць вже є видатним фізиком-теоретиком (див. рекомендацію на Рис. 16).

28 травня 1941 р. І.М. Ліфшиць блискуче захистив у Харківському університеті (див. оголошення на Рис. 17) докторську дисертацію «Теорія оптичної поведінки неідеальних кристалічних решіток в інфрачервоній області». У якості офіційних опонентів виступили всесвітньо відомі вчені – Я.І. Френкель, М.А. Леонтович і К.Д. Синельников. На рис. 18, рис. 19 наведені витяги з



Рис. 3. Фото новонародженого Іллі Ліфшиця.



Рис. 4. Фотопортрет М.І. Ліфшиця [2].



*Рис. 5. Фото Берти Євзоровни
у родинному колі (у центрі).*

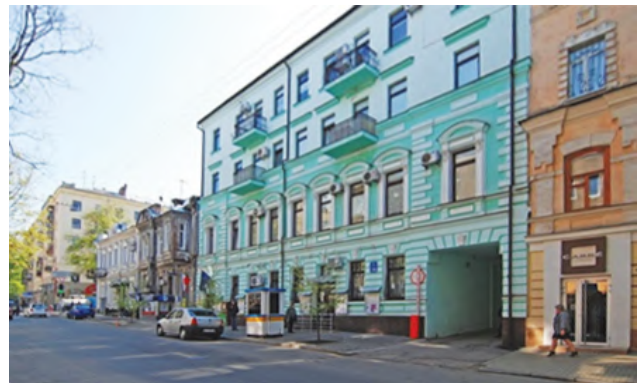


Рис. 6. Будинок М.І. Ліфшиця.



*Рис. 7. Харківський механіко-машинобудівний
інститут (зараз – корпус НТУ ХПІ).*



Рис. 8. Будинок Харківського університету (зараз – корпус УПА). См. ст. 56.

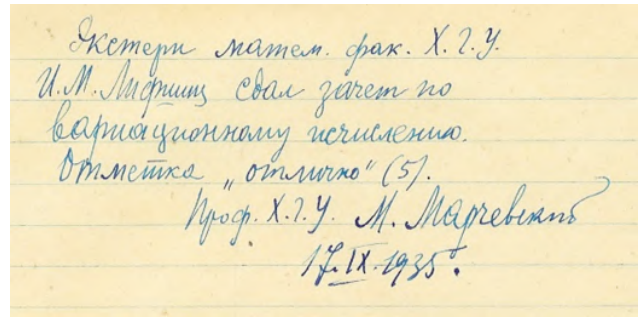


Рис. 11. Відгук проф. М.Н. Марчевського. См. ст. 56.

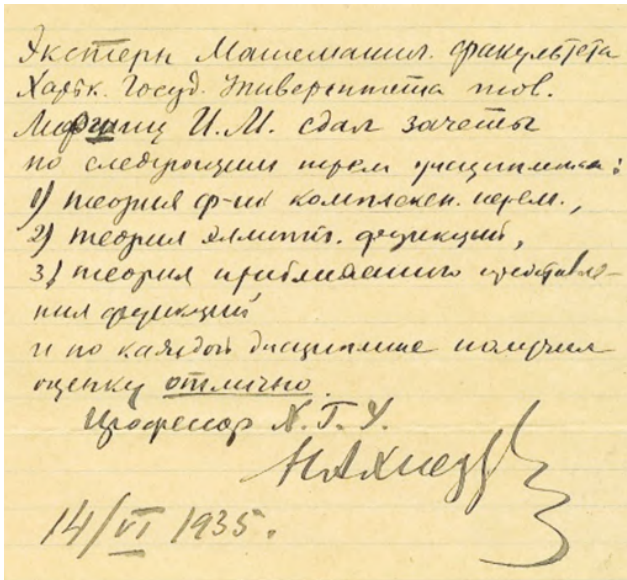


Рис. 9. Відгук проф. Н.І. Ахієзера. См. ст. 56.

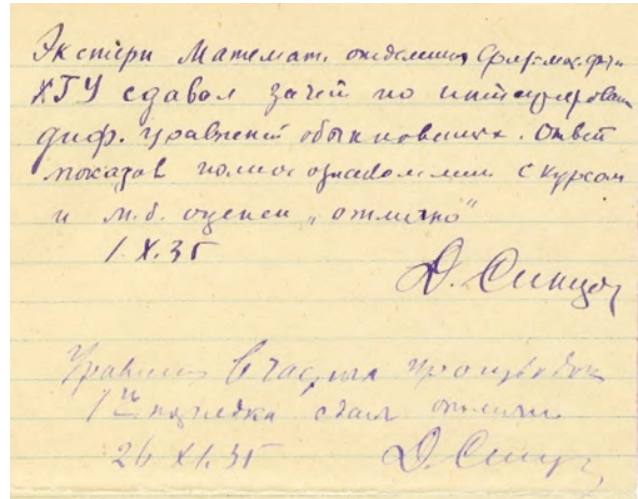


Рис. 12. Відгук проф. Д.М. Сінцова. См. ст. 56.

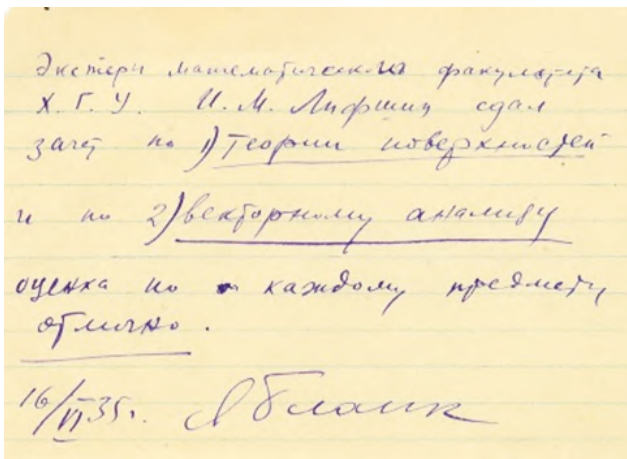


Рис. 10. Відгук проф. Я.П. Бланка. См. ст. 56.



Рис. 13. І.М. Ліфшиць – випускник фізмату ХДУ.

відгуків Я.І. Френкеля і М.А. Леонтовича, які дають чітке уявлення про високу оцінку дисертації опонентами.

У докторській дисертації І.М. Ліфшиця був закладений фундамент теорії неупорядкованих систем: виявлені локальні частоти коливань, відщеплені від основного спектру, обговорена тонка структура домішкової зони коливань кристала, відзначено існування двох типів збурень, згаданих у відгуку Я.І. Френкеля. Тут вперше у світовій науці було сформульовано поняття «самоусередненість» адитивної фізичної величини. Аналогічний доказ для кінетичних характеристик неупорядкованих металів був зроблений В. Коном і Дж. Латтінджером лише через вісімнадцять років.

8 лютого 1943 р. І.М. Ліфшиць був затверджений у вченому званні професора за спеціальністю «теоретична фізика». 23 серпня 1943 року Харків був звільнений і 8 квітня 1944 р. УФТІ повернувся з евакуації. Залишаючись керівником теоретичного відділу інституту, І.М. Ліфшиць відразу ж включився і у педагогічну діяльність. 15 квітня 1944 р. він стає завідувачем кафедри статистичної фізики (статистичної фізики і термодинаміки) Харківського університету, яку він заснував.

З 1 квітня 2014 р. створена І.М. Ліфшицем кафедра носить його ім'я (див. наказ Ректора ХНУ імені В.Н. Каразіна В.С. Бакірова на Рис. 20).

Таким чином, за 10 років Ілля Михайлович Ліфшиць пройшов блискучий шлях від студента-першокурсника до одного з провідних фізиків-теоретиків величезної країни.

Другий післявоєнний цикл робіт І.М. Ліфшиця присвячений фізиці реальних кристалів. У циклі статей, опублікованих І.М. Ліфшицем спільно з Л.Н. Розенцвейгом і Г.Д. Пархомівським, побудована теорія пружних властивостей полікристалів, вивчено розповсюдження і поглинання ультразвуку і рентгенівських променів в полікристалах. Ці дослідження були відповідно оцінені. 2 липня 1948 р. І.М. Ліфшиць був обраний членом-кореспондентом Академії Наук Української РСР (див. диплом на Рис. 2), а 16 січня 1952 року Президія АН СРСР нагородила його престижною Премією ім. Л.І. Мандельштама за цикл робіт в області динамічної теорії кристалів (див. сертифікат на Рис. 2).

І.М. Ліфшиць брав активну участь у атомному проєкті. У перші повоєнні роки Радянський Союз докладав великих зусиль для створення атомної зброї і атомної енергетики. УФТІ з його талановитими співробітниками, багатими науковими традиціями та досвідом дослідницької і прикладної роботи не міг залишитися осторонь від атомного проєкта. Теоретична фізика радіаційних порушень розвивалася у секторі Іллі Михайловича. Насправді роботи, виконані І.М. Ліфшицем в рамках закритої тематики, не містили



Рис. 14. І.М. Ліфшиць – в УФТІ [2].

нічого секретного і згодом були опубліковані. Це статті про електрон-граткову релаксацію і радіаційні порушення у металах (спільно з М.І. Кагановим та Л.В. Танатаровим) і температурні спалахи у середовищі під дією ядерного випромінювання. В рамках оборонної тематики І.М. Ліфшицем і Л.Н. Розенцвейгом була побудована теорія пароструйного вакуумного насоса. Це була одна з "прикладних" робіт Іллі Михайловича. В цій роботі яскраво проявилася унікальне вміння І.М. Ліфшиця формувати інженерну, технічну проблему як нетривіальне фізичне завдання і знаходити його витончене теоретико-фізичне розв'язання.

Паралельно з роботою в УФТІ І.М. Ліфшиць працював завідувачем створеної ним кафедри в Харківському університеті. Перші роки було дозволено повне сумісництво, але потім, як свідчать збережені індивідуальні плани викладачів, він став напівштатним завідувачем. Природно, що основна увага його була зосереджена на роботі в УФТІ. Там же була його квартира. В університет І.М. Ліфшиць приходив, коли у нього були лекції. Фактично він був почесним завідувачем, а всі поточні справи кафедри вів Л.С. Гуліда – штатний доцент.

У своїх спогадах проф. В.В. Ульянов розповідає про засідання кафедри, на якому обговорювалася структура спецкурсів [3]. І.М. Ліфшиць писав на дошці не формули, а перелік спеціальних курсів, які планувались для викладання на кафедрі. Тоді виникла жвава дискусія.

Ілля Михайлович читав студентам університету загальний курс «Статистична фізика та термодинаміка» та низку спеціальних курсів для студентів групи фізиків-теоретиків.

Наукова діяльність І.М. Ліфшиця того часу була пов'язана з теорією твердого тіла, або більш широко – теорією конденсованого стану. Його учні також в основному розробляли питання цього напрямку. Однак в 1950-1960-ті роки поступово складалася громадська думка, що передній край фізики знаходиться в

Илья Михайлович ЛИФШИЦ является исключительно талантливым молодым специалистом в области физико-математических наук. Окончив физико-механический факультет Харьковского машино-строительного института в 1938 г./ в возрасте 21 г./ он уже осенью 1939 г. защитил кандидатскую диссертацию /«К теории твердых растворов», а в настоящее время уже работает над докторской диссертацией, посвященной одному из труднейших вопросов теории вероятностей /интегральные цепи Маркова/ и применение его к теории твердых растворов и сплавов.

Свою первую научную работу И.М. Лифшиц написал, еще будучи студентом 2-го курса. С тех пор им написано 14 научных работ по теоретической физике и по математике, из которых 12 уже напечатаны, а последние 2 готовятся к печати.

Большинство работ посвящены теории твердого состояния и в частности вопросу о строении и свойствах твердых растворов. При этом автору удалось впервые объяснить наблюдаемую на опыте зависимость рентгенограмм твердых растворов от концентрации с учетом искажений кристаллической структуры, обусловленных различием атомов обоих компонентов.

И.М. Лифшиц разрешил также ряд трудных математических задач, имеющих прикладное значение для металлургии и машиностроения и, наконец, написал несколько блестящих работ чисто математического характера.

Все эти данные говорят сами за себя.

И.М. Лифшиц является бесспорно одним из тех весьма немногих молодых ученых, которым должна быть предоставлена докторантская стипендия имени тов. СТАЛИНА.

Я уверен, что о своей докторской диссертации он справится не в течение 3-х лет, но максимум за 1 1/2-2 года и что в ближайшем будущем явится одним из лучших украшений советской науки.



ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

И.М. Лифшиц профессор
Академии Наук СССР

С.Френкель /Я. Френкель/

Рис. 15. Рекомендация Я.І. Френкеля на отримання Сталінської стипендії І.М. Ліфшицем. См. ст. 61.

I can most warmly recommend Prof. I.M. Lifshitz as a research worker in theoretical physics. Notwithstanding his youth (he is 24) he has already published a number of interesting articles concerning different subjects. I should especially like to point out his exceptionally high mathematical technique which at this level is seldom found at theoretical physics.

L. Landau

Рис. 16. Рекомендація Л.Д. Ландау.

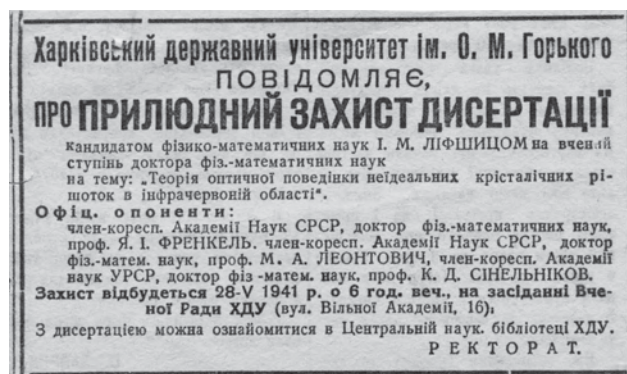


Рис. 17. Оголошення про захист дисертації І.М. Ліфшиця.

2.-
кими вычислениями, были рассмотрены хотя бы приближенным, но
элементарным образом. Это относится, в особенности к вопросу
о новых частотах, обусловленных применением.

Диссертация И.М. ЛИФШИЦА представляет собой чрезвы-
чайно ценный вклад в теорию кристаллических решеток и свиде-
тельствует о полной зрелости автора как ученого, вполне достой-
ного степени доктора физико-математических наук.

Профес. д-р *Я.І. Френкель* / Я. ФРЕНКЕЛЬ/

27/1У-41г.

Рис. 18. Витяг з відгуку Я.І. Френкеля на дисертацію І.М. Ліфшиця.

області елементарних частинок. Це було пов'язано з найбільшими успіхами у технічній реалізації атомно-ядерних ідей. У той же час нові відкриття в області твердотільних приладів, розвиток обчислювальної техніки, фізики напівпровідників, електроніки, надпровідності показували, що не менш важливе значення мають розробки у галузі теорії твердого тіла.

Ілля Михайлович одним з перших взяв на себе роль пропагандиста. У той час говорили, що він замкнувся вдома і пише статтю в "Правду". Незабаром вона дійсно з'явилася. Ось пожовкла вирізка під рубрикою "Наука розсовує горизонти" в газеті "Правда" від 19 вересня 1965 року. Тут розміщена велика стаття "Загадки твердого тіла" за підписом "І. Ліфшиць, член-кореспондент Академії наук СРСР" (Рис. 21).

Крім того, виступав Ілля Михайлович і з лекціями по лінії товариства "Знання". Пізніше разом зі своїм найближчим учнем Мойсеєм Ісааковичем Кагановим

він написав популярну книжку "Квазічастинки".

Звичайно, головну увагу у своїй діяльності Ілля Михайлович продовжував приділяти саме науковій роботі у галузі теорії твердого тіла.

І.М. Ліфшицем і О.В. Погореловим була розв'язана обернена задача про відтворення форми поверхні Фермі і швидкостей електронів на цій поверхні за допомогою експериментальних даних – періоду де Гааз-ван Альфвенівських осциляцій і температурної залежності їх амплітуд. Одночасно І.М. Ліфшиць розв'язав і обернену задачу про відновлення спектра збуджень бозевського типу за допомогою вимірів теплоємності. Додатковим підтвердженням значущості циклу робіт І.М. Ліфшиця і А.М. Косевича з'явилася реєстрація відкриття № 182 «Явище осциляцій термодинамічних і кінетичних властивостей плівок твердих тіл», внесеного 17 лютого 1977 р. до Державного реєстру відкриттів СРСР. Так було закладено фундамент

-3-

кристаллах. Нужно думать, что это возможно на базе развитых в работе автора методов. Вероятно экспериментальное исследование колебаний методом комбинационного рассеяния было бы значительно проще, чем инфракрасными методами.

Переходя к критическим замечаниям, как мне кажется, можно пожалуй автору поставить два следующих упрека. Во-первых можно отметить недостаточно ясную дискуссию физической природы найденного им поглощения. Во-вторых, желательны были бы хотя бы самые грубые численные оценки получающегося поглощения. Отсутствие их делает невозможным детальную дискуссию возможных экспериментальных проверок теории и ожидаемых из них выводов. В частности очень интересно было бы дать оценку величины поглощения, вызванного "акустической" ветвью собственных частот. Возникает вопрос, нельзя ли было бы обнаружить его по наблюдениям потерь диэлектрических кристаллов в электрических полях высокой частоты.

Суммируя нужно признать, что работа несомненно удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторской диссертации. Она в сущности охватывает целую область теории кристаллов содержит существенно новые результаты в смысле математических методов и привела к ряду новых важных и интересных конкретных физических выводов, призывающих к тому же к постановке дальнейших экспериментов.

Считаю, что на основании представленной работы автору должна быть присуждена степень доктора физико-математических наук.

чл.корр.АН СССР
профессор

М. Леонтович (М.А. Леонтович)

Рис. 19. Витяг з відгуку М.А. Леонтовича на дисертацію І.М. Ліфшиця.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н.КАРАЗІНА
НАКАЗ

24 березня 2014 м. Харків

№ 1201-1/124

Про перейменування кафедри
теоретичної фізики.

Відповідно до рішення Вченої ради Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна від 24 лютого 2014 року (протокол №3)
НАКАЗУЮ:

1. Перейменувати з 01.04.2014 р. кафедру теоретичної фізики в кафедру теоретичної фізики імені академіка І.М. Ліфшиця.
2. Вважати працівників кафедри теоретичної фізики працівниками кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М. Ліфшиця.
3. Виконання навчального навантаження, наукової та методичної роботи кафедри теоретичної фізики покласти на кафедру теоретичної фізики імені академіка І.М. Ліфшиця.
4. Начальнику відділу кадрів Кулішу С.М. внести відповідні записи у трудові книжки працівників кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М. Ліфшиця фізичного факультету.

Підстава: 1. Витяг з протоколу №3 засідання Вченої ради фізичного факультету від 21.02.2014 р.;

2. Витяг з протоколу №3 засідання Вченої ради університету від 24.02.2014р.

Ректор

В.С. Бакіров

Проект вносить
Декан фізичного факультету
Р.В.Вовк

Погоджено:

Перший проректор

В.В. Александров

Начальник ПФВ

Н.С. Хруслова

Начальник відділу кадрів

С.М.Куліш

Начальник навчального
відділу

Н.К. Фарафонова

Заступник начальника
юридичного відділу

Н.І. Бараник

Рис. 20. Наказ Ректора ХНУ імені В.Н. Каразіна В.С. Бакірова про перейменування кафедри.

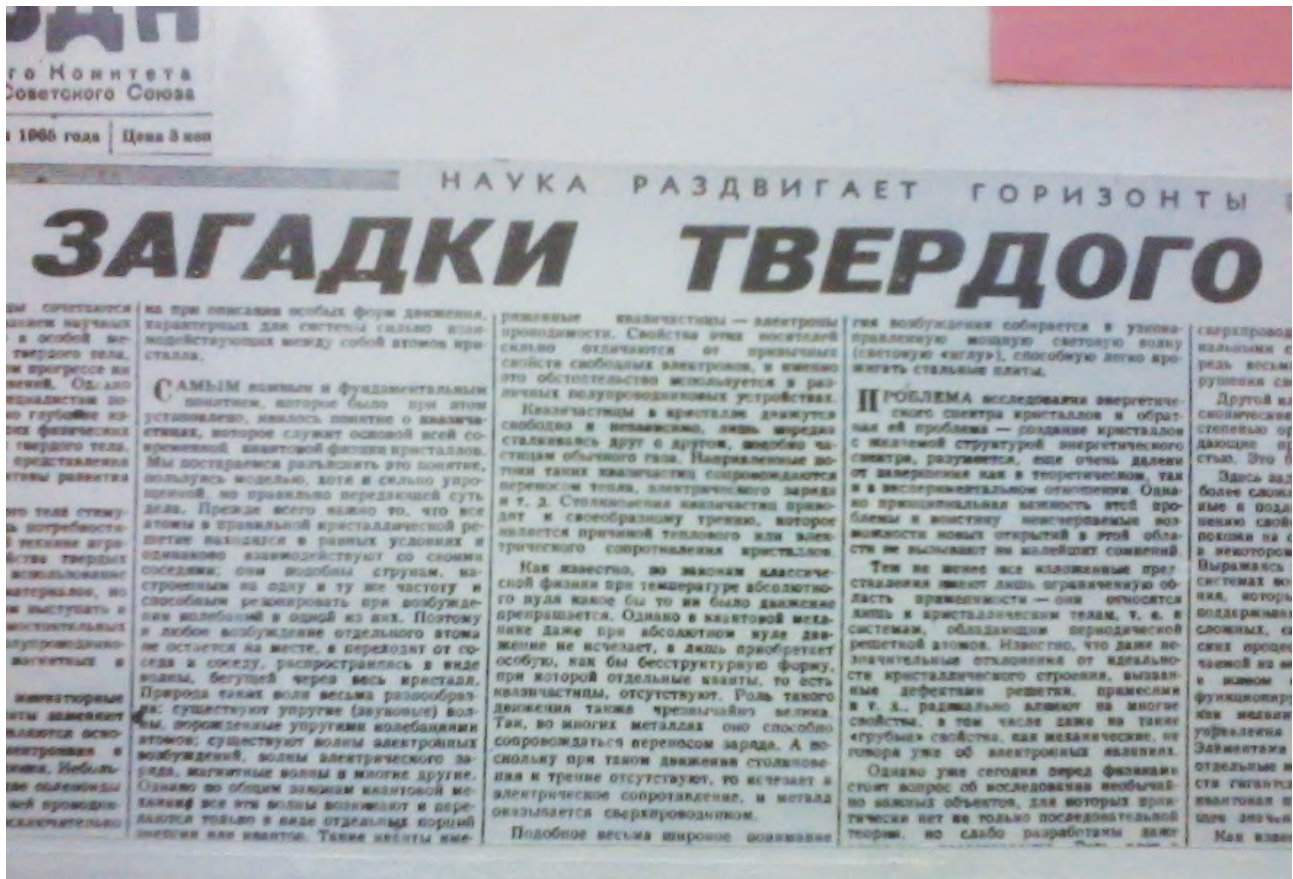


Рис. 21. Вирізка з газети «Правда».

електронної теорії металів, заснованої на уявленні про електронну підсистему металу як про сукупність незв'язаних квазічастинок фермієвського типу (електронів провідності) з довільним законом дисперсії.

Гальваномагнітні властивості металів з відкритими поверхнями Фермі були детально вивчені у роботах І.М. Ліфшиця і В.Г. Піщанського. У цих роботах були досліджені специфічні особливості кутових залежностей гальваномагнітних характеристик від поля, проаналізований їх зв'язок з топологією відкритої поверхні Фермі і показано, що у полікристалічних зразках усереднення по орієнтації кристалітів призводить до закону Капіці.

Нова можливість впливу топології поверхні Фермі на властивості металів була виявлена І.М. Ліфшицем у роботі, присвяченій аномалії термодинамічних і кінетичних характеристик металів в області високого тиску. Зміна тиску може призвести до розриву перемички або утворення нової порожнини поверхні Фермі. Виникаюча при цьому добавка до термодинамічного потенціалу є неаналітичною як функція контрольного параметра і відповідає специфічному електрон-топологічному фазовому переходу. У рамках класифікації Еренфеста це є перехід не цілого, а «двох-з-половинного» роду. Теплоємність, коефіцієнт

стисливості, добавка до опору при такому переході поведуть себе зовсім по-іншому, ніж при переході другого роду. У результаті ферміологія збагатилася ще одним тонким інструментом дослідження електронних властивостей металів. Відкриття № 238 "Явище електронно-топологічних фазових переходів металів в умовах пружних деформацій" було внесено до Державного реєстру відкриттів СРСР 23 грудня 1980 р. Трохи пізніше І.М. Ліфшиць ще раз звернувся до цієї тематики, дослідивши (спільно з В.В. Ржевським і М.І. Трібельським) нелінійні акустичні ефекти, які виникають у металах поблизу електронно-топологічного переходу. У результаті цих досліджень виникла нова область, яка до сих пір привертає увагу дослідників.

Електронна теорія металів, розвинута І.М. Ліфшицем та його школою, викладена в оглядах І.М. Ліфшиця, М.І. Каганова та М.Я. Азбеля. На початку 70-х років 20-го сторіччя вийшла в світ книга І.М. Ліфшиця, М.Я. Азбеля і М.І. Каганова «Електронная теория металлов» (див. Рис. 22).

Теорія неупорядкованих систем, створена І.М. Ліфшицем та його співробітниками, викладена в оглядах І.М. Ліфшиця, С.А. Гредескула та Л.А. Пастура. На початку 80-х років 20-го сторіччя вийшла в світ книга І.М. Ліфшиця, С.А. Гредескула та Л.А. Пастура



Рис. 22. Обкладинка книги І.М. Ліфшиця, М.Я. Азбеля, М.І. Каганова
«Электронная теория металлов».

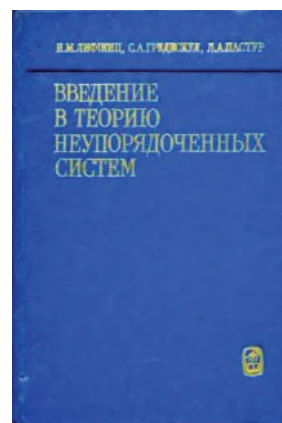


Рис. 23. Обкладинка книги І.М. Ліфшиця, С.А. Гредескула, Л.А. Пастура
«Введение в теорию неупорядоченных систем».

«Введение в теорию неупорядоченных систем» (див. Рис. 23).

На нашу думку, найважливіший результат І.М. Ліфшиця – створення всесвітньо відомої харківської школи теоретичної фізики конденсованого стану – школи Ліфшиця. Результати, які були отримані І.М. Ліфшицем, його учнями та численними представниками його наукової школи, були підсумовані в багатьох монографіях та навчальних посібниках. Деякі з них наведені нижче (див. Рис. 24).

Блискучі досягнення 1952 - 1962 рр. забезпечили Іллі Михайловичу широке міжнародне визнання. У 1957 р. проф. П. Флері – генеральний секретар Міжнародного Союзу чистої і прикладної фізики (IUPAP) повідомив І.М. Ліфшиця про те, що він включений до складу комісії Союзу з фізики твердого тіла (див. Рис. 25). Ця подія була дуже значуща: рівень комісій Союзу визначався складом фізиків, серед яких були: Е. Амальді, М.М. Боголюбов, Дж. де Бур, К. Горттер, А. Іоффе, П. Капіца, Дж. Кірквуд, Ч. Кіттель, Р. Маршак, Н. Мотт, Л. Неель, Р. Пайерлс, Е. Сегре, Дж. Слетер, І. Тамм, Дж. ван Флек, Л. ван Хов, Д. Шенберг. Іллю Михайловича неодноразово запрошували на засідання цієї комісії, але не випустили, зрозуміло, жодного разу.

10 червня 1960 р. Ілля Михайлович Ліфшиць був обраний членом-кореспондентом АН СРСР (Рис. 2). У 1961 р. йому була присуджена Міжнародна премія імені Саймона за видатні роботи у галузі фізики низьких температур (Рис. 2). Розширювалися і міжнародні зв'язки Іллі Михайловича. Наприкінці літа 1963 р. планувалося проведення Міжнародної низькотемпературної конференції LT-9 у США. Також І.М. Ліфшицю вдалося організувати і провести Міжнародну конференцію з теорії твердого тіла у грудні 1963 р. у Москві. Нобелівський лауреат Дж. Бардін у своєму листі висловив щире подяку І.М. Ліфшицю за блискучу організацію конференції. У своєму листі

він писав І.М. Ліфшицю: «Ми надзвичайно вдячні за надану нам можливість брати участь у конференції. Ви виконали величезну роботу з метою організації цієї конференції» (див. Рис. 26).

Початок 60-х років ХХ-го сторіччя був важливим періодом у житті Іллі Михайловича і у особистому плані. В цей час він пов'язав своє життя з Зоєю Іонівною Фрейдиною, вдовою свого рано померлого учня і співробітника Липи Натановича Розенцвейга. У Зої Іонівни було двоє дітей. Синові Євгену на той час було близько п'яти років, а доньці Маріанні – півтора року. Малі діти не стали, однак, перешкодою для шлюбу. Ілля Михайлович виховав своїх дітей. Він приділяв велику увагу формуванню їх ставлення до життя і світогляду, радувався їх успіхами і засмучувався їх невдачами. Ілля Михайлович знайшов справжню родину вже в зрілому віці і до самого кінця його життя Зоя Іонівна була поруч з ним. Вони прожили разом в любові і повному взаєморозумінні більше двадцяти років (див. Рис. 27, Рис. 28).

Іллю Михайловича постійно запрошували на міжнародні конференції, але виїхати за кордон з режимного УФТІ йому не дозволяли. Однак, всередині Союзу його блискучі досягнення були відзначені. У квітні 1967 р. І.М. Ліфшицю була присуджена Ленінська премія за дослідження електронного енергетичного спектра металів (див. сертифікат на Рис. 2). У грудні 1967 року, майже через двадцять років після обрання І.М. Ліфшиця членом-кореспондентом, він був удостоєний звання дійсного члена Академії Наук УРСР (див. сертифікат на Рис. 2).

Початок 1960-х років ХХ-го сторіччя ознаменувався різким зростанням інтересу до біології, стимульованим відкриттям подвійної спіралі (1953 р.) і звільненням біології у СРСР з-під гніту Лисенко. Це також відбулося на тематиці міського теорфізичного харківського семінару, яким керував І.М. Ліфшиць. Стали з'являтися доповіді на біологічні теми. Так, доповідь "Математичні моделі популяційної генетики"



Рис. 24. Обкладинки деяких монографій та навчальних посібників представників наукової школи академіка І.М. Ліфшиця.

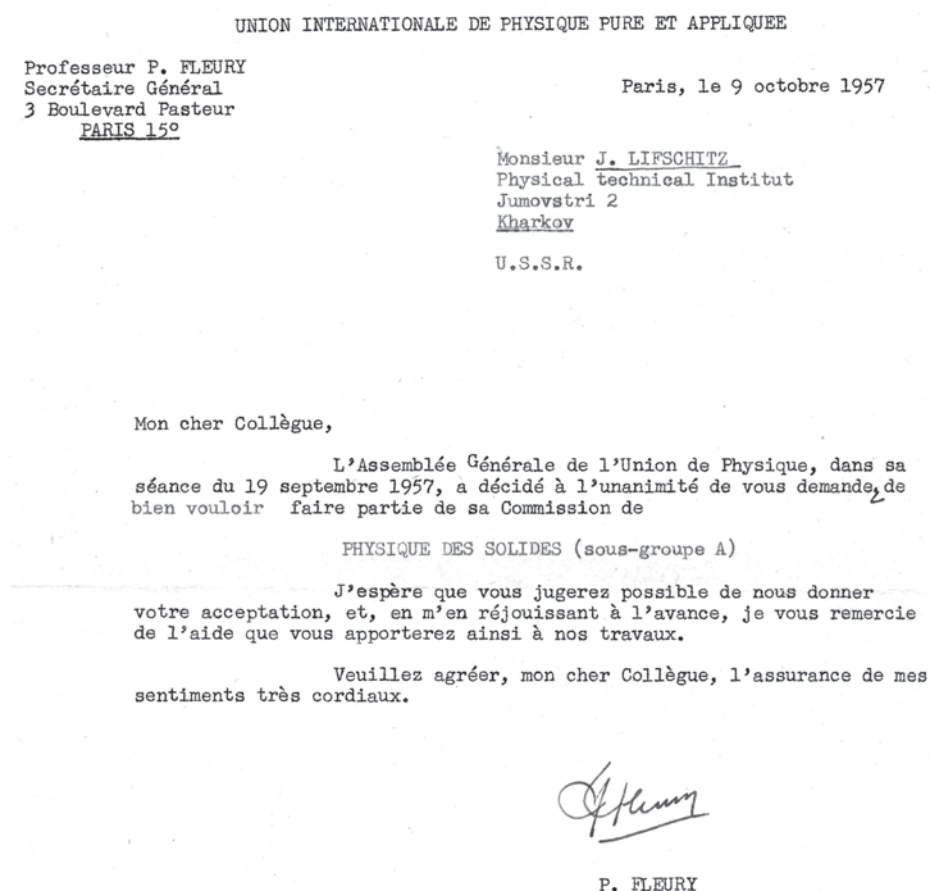


Рис. 25. Лист проф. П. Флері до І.М. Ліфшиця.

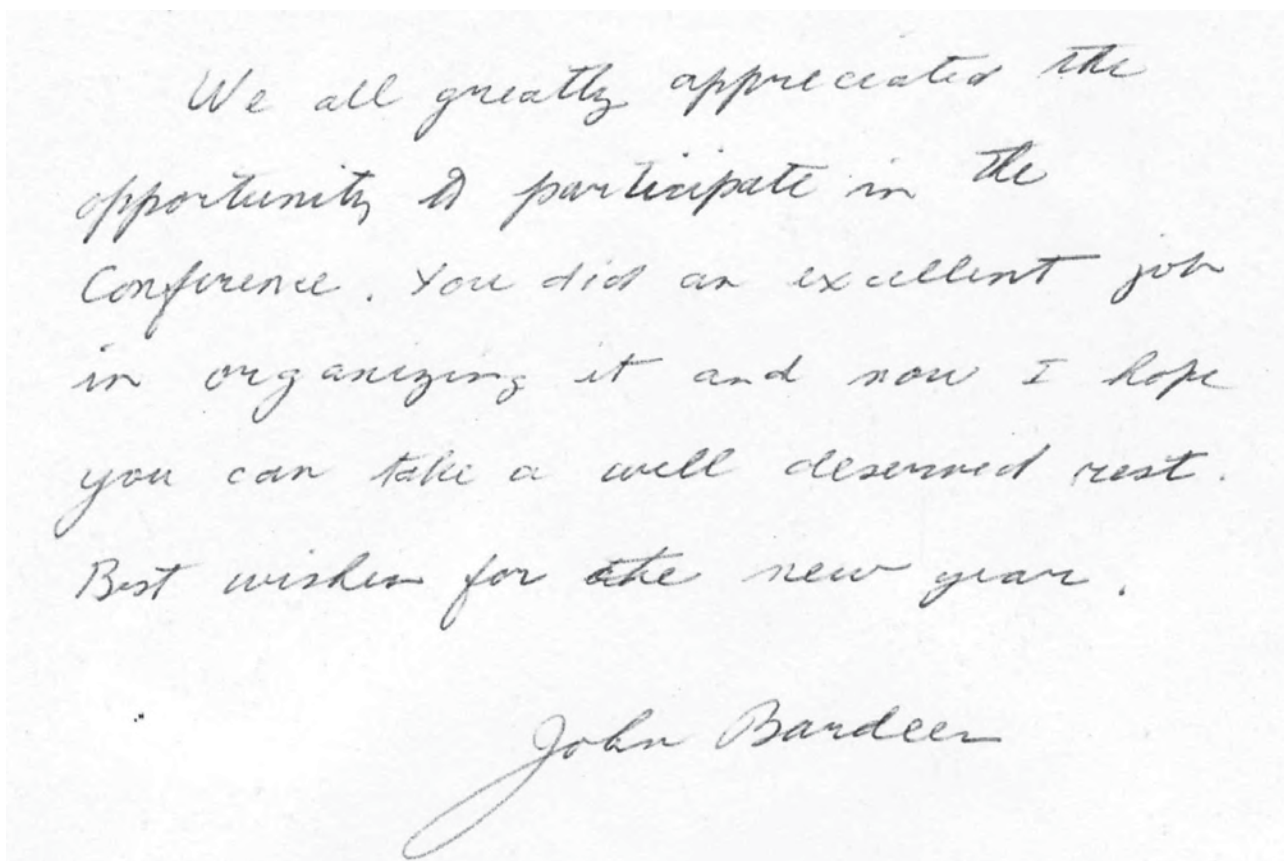


Рис. 26. Лист подяки Дж. Бардіна до І.М. Ліфшиця.



Рис. 27. І.М. Ліфшиць у Карпатах з дружиною З.І. Фрейдиною [2].



Рис. 28. У Харкові вдома: справа наліво поет І. Муратов, І. Ліфшиць, композитор В. Кармінський, З.І. Фрейдіна [2].

зробив харківський математик Ю.І. Любич. В цей же час проблемами молекулярної біології біополімерів зацікавився і І.М. Ліфшиць. Перша робота по біополімерам, підготовлена ним для публікації, містила теорію переходу спіраль-клубок у двохспіральній молекулі, такий як ДНК, з урахуванням ентропії петель. У 1965 р. він доповів її на семінарі в УФТІ. У 1968 році І.М. Ліфшиць розповів науковій громадськості про власну роботу, в якій була запропонована і досліджена його знаменита модель полімерних ланцюжків з лінійною пам'яттю. Ця його перша біофізична публікація виявилася надзвичайно оригінальною, тому що впливала з глибокого осмислення фізики

непорядкованих систем. У 1962 р. на запрошення ректора МДУ І.Г. Петровського І.М. Ліфшиць почав читати лекції у Московському університеті. А у 1964 році він став професором кафедри електродинаміки і квантової теорії, яку очолював М.А. Леонтович. Тепер його час поділявся між Москвою і Харковом.

У 1968 р., після смерті Л.Д. Ландау, директор Інституту фізичних проблем (ІФП) АН СРСР П.Л. Капіца офіційно запросив І.М. Ліфшиця очолити теоретичний відділ Інституту фізичних проблем, яким раніше керував Л.Д. Ландау (див. Рис. 29).

Більш престижну посаду для фізика-теоретика у колишньому Радянському Союзі важко було собі уявити.

АКАДЕМИК

П. Л. КАПИЦА

ДИРЕКТОР
ИНСТИТУТА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва, В-334

Воробьевское шоссе, 2

Тел. АВ 7-32-47

№ _____

«27» мая 1968 г.

ЧЛЕНУ-КОРРЕСПОНДЕНТУ АН СССР

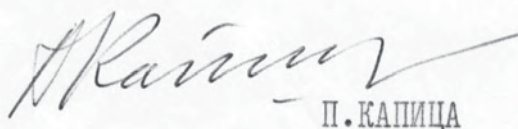
И.М.ЛИФШИЦУ

Дорогой Илья Михайлович,

Этим письмом я хочу подтвердить нашу беседу и еще раз сказать Вам, что как я сам, так и ведущие сотрудники нашего Института будем рады, если Вы будете руководить теоретическим отделом нашего Института. Я всегда видел в Вас приемника Дау. Вы, конечно, знаете, что после травмы, полученной им при автомобильной катастрофе, он уже не мог эти последние шесть лет вернуться к активной научной работе, но ввиду его громадных заслуг я не считал возможным освободить его от должности руководителя теоретической физики нашего Института, даже если он занимал ее формально. Кончина бедного Дау изменила ситуацию. Хотя сейчас у нас в Москве и существует самостоятельный институт теоретической физики, я все же считаю, что при той интенсивной и многосторонней экспериментальной научной работе в области физики твердого тела, которая ведется у нас в Институте, непосредственное участие именно Вас и группы Ваших учеников будет благотворным и интересным.

Я надеюсь, что нам удастся преодолеть все эти житейские трудности, связанные с Вашим переездом, которые, к сожалению, в наших условиях представляют еще основное препятствие, с которым приходится считаться. Но я надеюсь, что все это будет преодолено, и в ближайшее время мы будем Вас приветствовать как сотрудника нашего Института.

Ваш



П. КАПИЦА

Рис. 29. Лист – приглашения П.Л. Капицы до И.М. Лифшица.

Однак згода І.М. Ліфшиця не була беззастережною. Він добре уявляв собі всілякі складнощі, пов'язані з реакцією як московських, так і українських фізиків на його переїзд до Москви: «Дорогой Петр Леонидович! Я глубоко благодарен Вам за ту высокую честь, которую представляет для меня Ваше предложение возглавить теоретический отдел Вашего Института ... Я далёк от мысли, что, занимая место Ландау, я смогу вновь создать такой блестящий и универсальный центр теоретической физики, каким был этот отдел при его жизни ... Мой переезд в Москву должен быть согласован между АН СССР и АН УССР, так, чтобы это не рассматривалось как нарушение моих моральных обязательств перед Украинской Академией Наук, академиком которой я был избран в прошлом году, и перед институтом, в котором я работаю свыше тридцати лет».

Президент Академії наук УРСР Б.Є. Патон прекрасно розумів, яку роль грав Ілля Михайлович в УФТІ, у Харківській і в українській фізиці. Дізнавшись про можливий переїзд І.М. Ліфшиця до Москви, він звернувся до нього з листом, у якому висловлював своє занепокоєння з цього приводу і готовність всіляко сприяти тому, щоб І.М. Ліфшиць змінив своє рішення. Лист було написано від руки, а не продиктовано секретареві – цим Б.Є. Патон підкреслював і свою глибоку повагу до І.М. Ліфшиця і своє щире бажання утримати його в Харкові. Цей лист наводиться нижче (Рис. 30).

Однак І.М. Ліфшиць по суті вже почав свою роботу на новому місці. Починаючи з 1968 р. він разом з І.М. Халатниковим керував теоретичним семінаром ІФП – семінаром Ландау. У 1969 р. була опублікована стаття О.Ф. Андрєєва та І.М. Ліфшиця, присвячена квантовій теорії дефектів у кристалах, яка є однією з найбільш цитованих робіт Іллі Михайловича. Виявилось, що при дуже низьких температурах квантові ефекти можуть суттєво впливати на поведінку дефектів у кристалі. Замість того, щоб поводити себе як локалізовані класичні об'єкти, які лише рідко переходять з одного положення в інше, дефекти (домішки або вакансії) перетворюються в "дефектони" («примеси» і «вакансионы») – збудження, спроможні практично вільно рухатися через об'єм кристалу.

Передбачення теорії, які відносяться до квантової дифузії (домішкові атоми ^3He в кристалах ^4He), були незабаром експериментально підтверджені. Тому 17 листопада 1978 р. у Державний реєстр відкриттів СРСР було внесено відкриття № 206 "Явище квантової дифузії у кристалах". Авторами відкриття названі І.М. Ліфшиць, О.Ф. Андрєєв і три харківських експериментатори: Б.Н. Єсельсон, В.Н. Григор'єв і В.А. Міхєєв (ФТІНТ АН УРСР).

У 1969 р. І.М. Ліфшиць переїхав до Москви. Несподівано для всіх його перша "московська" робота,

Мудреноуважаю
Милый Михайлович!
Сегодня наше заседание
Президиума Александр Ивкович
Ушков сказал мне о
предстоящем Вашем переезде
в Москву. Это - серьезное
дело для Украины это
будет невоенный шаг вперед.
Наше общество очень важно
оправдать и на своем
харьковском Физбюро.
Потому я очень прошу
Вас серьезно подумать
о своем переезде. Мы
готовы сделать все
для сохранения
Ваших дел в Харькове
и созданию там
благоприятных условий
работы.
Очень прошу Вас
сообщить
мне свое решение. Если
Вы будете в Киеве, то

Прошу очень серьезно
вернуться и серьезно
обсудить с Вами все
вопросы.
Мне Ваше общество.

С искренним уважением

Б.Є. Патон

4/VI 68.

Рис. 30. Лист Б.Є. Патона до І.М. Ліфшиця.

виконана спільно з старшим братом Є.М. Ліфшицем і І.М. Халатниковим, була присвячена вельми тонкому питанню загальної теорії відносності. В результаті переїзду до Москви І.М. Ліфшиць отримав додаткові можливості для своєї праці, найвище офіційне наукове визнання, більше можливостей для спілкування з провідними вченими світу (див. Рис. 31, Рис. 32).

І.М. Ліфшиць організував і провів у Москві II Всесоюзну конференцію з теорії твердого тіла (Москва, грудень 1969 р.). Іллю Михайловича, нарешті, випустили за кордон. Він брав участь у роботі чотирьох поспіль Міжнародних



Рис. 31. Зустріч з Н. Бором. Зправа наліво: М.Є. Алексєєвський, І.М. Ліфшиць, О.О. Абрикосов, А. Вайнштейн, М. Корнфельд (перший ряд) [2].

низькотемпературних конференцій (НДР 1969 р., Болгарія 1971 р., Угорщина 1973 р., Фінляндія 1975 р.), а в 1977 році він брав участь у роботі VI-го Радянсько-Американського симпозиуму з актуальних проблем теорії конденсованого стану речовини. 4 листопада 1970 р. Академія наук СРСР обрала І.М. Ліфшиця своїм дійсним членом (див. Рис. 2). Восени 1970 р. він відвідав Харків. Протягом двох днів у кабінеті зам. директора ФТІНТ харківські теоретики розповідали йому про свої роботи. Це був останній приїзд Іллі Михайловича до Харкова.

Кілька слів про особисті якості Іллі Михайловича. Він був глибоко інтелігентною і чарівною людиною, тонким, широко освіченим, дуже уважним до співрозмовника. І в той же час він був безкомпромісним у принципових питаннях людської і наукової етики і наукової істини. Скромність була природною рисою І.М. Ліфшиця. Д. Шенберг, готуючи до друку свою книгу "Магнитные осцилляции в металлах" (Рис. 33) (ще за життя І.М. Ліфшиця), звертався до його брата Є.М. Ліфшиця з проханням надати фотографію Іллі Михайловича (Рис. 34).

Разом з тим І.М. Ліфшиць прекрасно усвідлював масштаб свого величезного обдарування і своє місце у науковій ієрархії. Обговорюючи з Зоєю Іонівною один із запропонованих йому варіантів переїзду до Москви (ще до запрошення П.Л. Капіци), він сказав: "Я на подножке не поеду". І.М. Ліфшиць високо цінував академічне звання, він вважав, що він гідний бути академіком і хотів бути їм. Що ж стосується всіх інших регалій, вони не мали для нього дуже великого інтересу, хоча, безумовно, не були йому байдужі.

Не дивлячись на значну заглибленість у наукову роботу, І.М. Ліфшиць знаходив час і для захоплень і хоббі. Важливу роль в житті Іллі Михайловича грали марки. Він з ранніх років свого життя захопився їх колекціонуванням і по праву вважався одним з



Рис. 32. Після доповіді Нільса Бора. Зправа наліво: П.Л. Капіца, Л.Д. Ландау, Нільс Бор, А. Вайнштейн, І.М. Ліфшиць, С.М. Ритов, І.С. Тамм [2].

найвідоміших філателістів не тільки Радянського

Союзу, а й світу (Рис. 35). У 1957 році у Москві, в

рамках VI-го Всесвітнього фестивалю молоді і

студентів, була проведена виставка філателії (Рис. 36,

Рис. 37). І. М. Ліфшиць представив реконструйовану

матрицю листа першої англійської марки Black Penny

і отримав диплом I ступеня та золоту медаль.

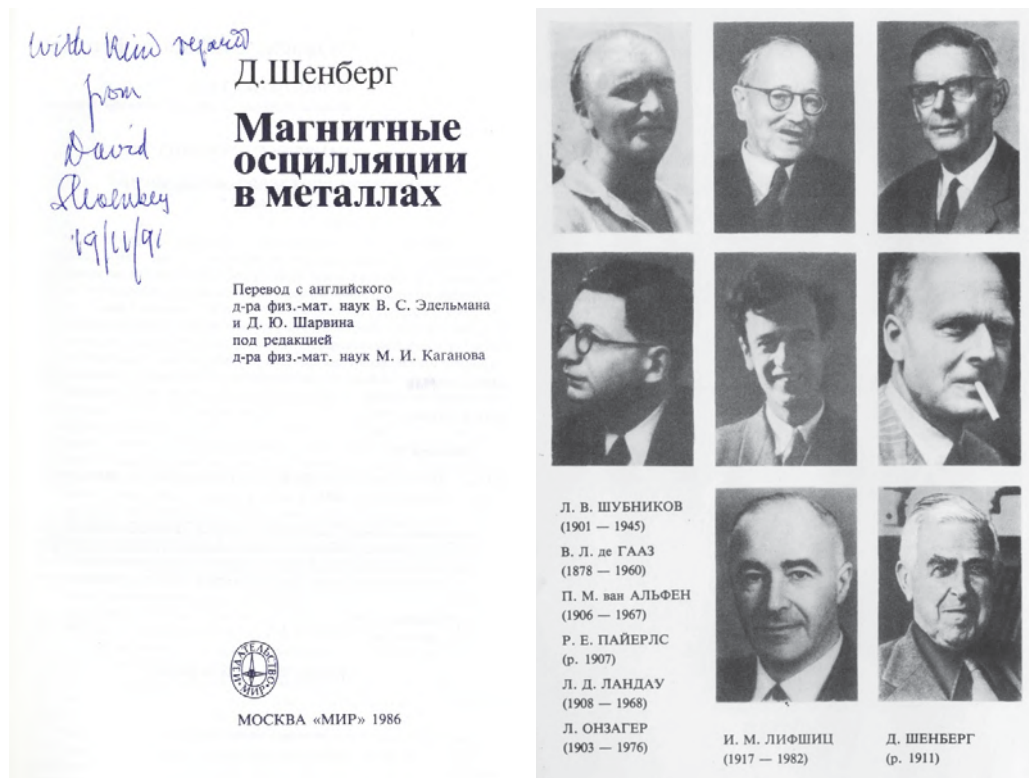


Рис. 33. Обкладинка книги Д. Шенберга "Магнитные осцилляции в металлах"

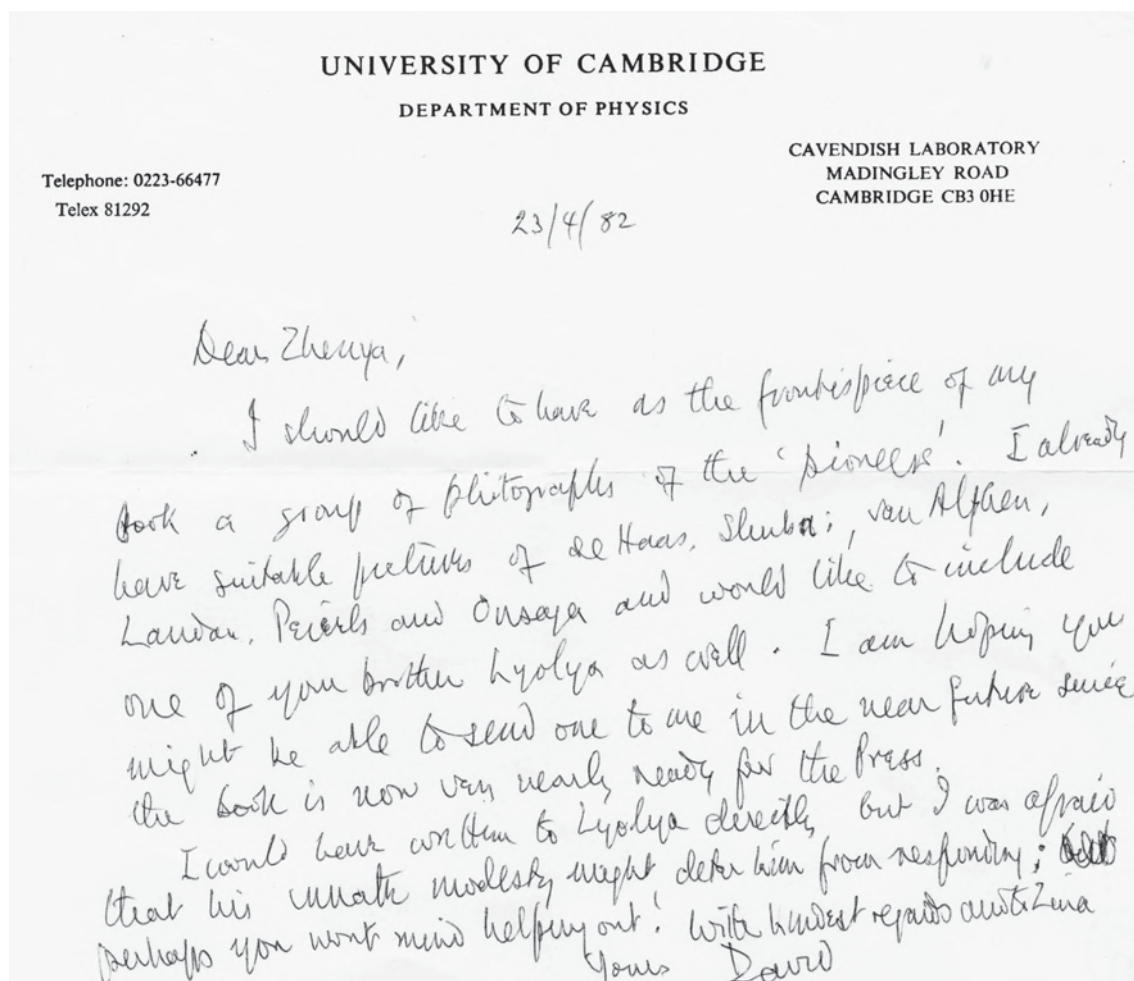


Рис. 34. Лист Д. Шенберга до Є.М. Ліфшиця.



Рис. 35. І.М. Ліфшиць у години дозвілля [2].

Філателістичні пристрасті І.М. Ліфшиця були блискуче обіграні під час святкування 50-річчя Л.Д. Ландау у 1958 р. В якості подарунка від харківських теоретиків ювіляр отримав спеціально виготовлений конверт з маркою. На лицьовій стороні конверта був зображений на п'єдесталі бюст Л.Д. Ландау, увінчаний лавровою гілкою. На самому п'єдесталі був зображений закон дисперсії збуджень у надплинній рідині з ротонним мінімумом.

У 1933 р. одночасно з навчанням на фізико-механічному факультеті Харківського механіко-машинобудівного інституту Ілля Михайлович вступив до Харківської консерваторії по класу композиції професора Богатирьова. Він написав декілька невеликих музичних творів, які згодом, на жаль, знищив.

22 червня 1982 у І.М. Ліфшиця трапився черговий – четвертий за рахунком і дуже серйозний – інфаркт. Через три тижні інфаркт повторився. Здоров'я Іллі Михайловича стрімко погіршувалось. Незважаючи на це, він намагався продовжувати працювати, але 23 жовтня 1982 року його не стало.

З ім'ям І.М. Ліфшиця пов'язана ціла епоха у розвитку теоретичної фізики. Його нескінченна відданість науці і величезний талент дозволили йому



Рис. 36. І.М. Ліфшиць на філателістичній виставці [2].



Рис. 37. Нідерландська марка з портретом Л.Д. Ландау.

створити кілька нових напрямків сучасної теорії конденсованого стану, сформулювати і впровадити у життя цілий ряд піонерських ідей, які багато у чому визначили шляхи розвитку науки. Завдяки своїй дивній здатності радіти чужим результатам, надзвичайній науковій щедрості у

поєднанні з терпимістю і теплотою спілкування, він завжди був одним з головних центрів тяжіння у фізичному співтоваристві. При вирішенні принципових питань він завжди залишався чесним і безкомпромісним, представляючи собою моральний еталон для оточуючих.

Ілля Михайлович Ліфшиць прожив не дуже довге, але щасливе і плідне життя, він залишив багату наукову спадщину і виховав цілу плеяду учнів. Великими вченими пишаються, їх поважають і цінують – у І.М. Ліфшиця все це було. Крім того, його любили.

Тому поряд з довгим науковим життям ідей і робіт цього видатного вченого, збереглася і існує добра і вдячна пам'ять про чудову людину – Іллю Михайловича Ліфшиця.

Основні дати життя І.М. Ліфшиця

1917 р. Народився 13 січня у Харкові.

1931 р. Закінчив семирічну середню школу і у 1933 р. – робітфак.

1933-1938 рр. Студент фізико-механічного факультету Харківського механіко-машинобудівного інституту.

1935-1936 рр. Навчався екстерном на мат. відділенні фізмату ХДУ і у 1936 році закінчив екстерном за спеціальністю "математика".

1937-1968 рр. Молодший науковий, з 1939 р. – старший науковий співробітник, з 1941 р. – завідувач відділом теоретичної фізики Фізико-технічного інституту АН УРСР.

1938 р. Закінчив Харківський механіко-машинобудівельний інститут за фахом "інженер-фізик".

1939 р. Захистив дисертацію кандидата фізико-математичних наук на тему "До теорії твердих розчинів".

1941 р. Захистив дисертацію доктора фізико-математичних наук на тему "Оптична поведінка неідеальних кристалів в інфрачервоній області".

1942 р. Затверджений у вченому званні професора теоретичної фізики.

1944-1968 рр. Завідувач створеної ним кафедри статистичної фізики і термодинаміки ХДУ.

1946 р. Нагороджений медаллю "За доблесну працю у Великій Вітчизняній війні 1941-1945 рр."

1948 р. Обрано членом-кореспондентом АН УРСР.

1952 р. Присуджено премію ім. Л.І. Мандельштама АН СРСР за цикл робіт по динамічній теорії реальних кристалів.

1956-1982 рр. Член редколегії журналу "Фізика твердого тіла".

1960 р. Обраний членом-кореспондентом АН СРСР.

1961-1982 рр. Голова Наукової ради АН СРСР з проблеми "Теорія твердого тіла".

1962 р. Обраний почесним членом Трінті-коледжу Кембріджського університету (Англія). Англійським фізичним товариством йому присуджена премія імені Ф. Саймона за роботи по електронній теорії металів.

1964 р. Відряджений в Угорщину для участі у літній школі з фізики напівпровідників.

1964-1982 рр. Професор кафедри квантової теорії, з 1971 р. завідував спеціалізацією на фізичному факультеті МДУ.

1966-1968 рр. Голова фіз.-мат. секції товариства "Знання".

1966-1982 рр. Член редколегії міжнародного журналу "Journal of physics and chemistry of solids" (Нью-Йорк).

1967 р. Обраний дійсним членом Академії наук УРСР. Присуджена Ленінська премія за дослідження електронного енергетичного спектра металів.

1967-1982 рр. Член редколегії ЖЕТФ.

1968-1982 рр. Заступник голови бюро Наукової ради з проблеми "Фізика низьких температур" АН СРСР.

1969 р. Відряджений до НДР на низькотемпературну конференцію.

1969-1982 рр. Завідувач відділом теоретичної фізики ІФП АН СРСР, яким раніше завідував Л.Д. Ландау.

1970 р. Обраний дійсним членом Академії наук СРСР. Нагороджений ювілейною медаллю "За доблесну працю".

1971 р. Відряджений у Болгарію і у 1973 р. в Угорщину на Міжнародні конференції з фізики і техніки низьких температур.

1975 р. Нагороджений орденом Трудового Червоного Прапора за заслуги в розвитку радянської науки і у зв'язку з 250-річчям АН СРСР.

1977 р. Відряджений у США на VI Радянсько-Американський симпозиум з актуальних проблем теорії конденсованого стану речовини.

1982 р. Обраний іноземним членом Національної АН США.

1982 р. Помер 23 жовтня у Москві.

1986 р. Присуджено (посмертно) Державну премію УРСР в області науки і техніки 1985 року за монографію "Введение в теорию неупорядоченных систем" (спільно з С.А. Гредескулом і Л.А. Пастуром), яка була опублікована у 1982 р.

Автори висловлюють щире подяку Леоніду Андрійовичу Пастуру і Сергію Андрійовичу Гредескулу за допомогу при підготовці до проведення XIII-ої Міжнародної наукової конференції «Фізичні явища в твердих тілах», присвяченої 100-річчю з дня народження академіка І.М. Ліфшиця.

Автори висловлюють щире подяку Олександрі Михайловичі Єрмолаєву за допомогу у процесі роботи над статтею.

Література

1. И.М. Лифшиц. Избранные труды. Физика реальных кристаллов и неупорядоченных систем, Наука, М. (1987), 552 с.
2. И.М. Лифшиц. Избранные труды. Электронная теория металлов. Физика полимеров и биополимеров, Наука, М. (1994), 442 с.
3. Илья Михайлович Лифшиц. Ученый и человек, ННЦ ХФТИ, Харьков (2006), 717 с.
4. В.В. Ульянов. Илья Михайлович Лифшиц, ХНУ имени В.Н. Каразина, Харьков (2007), 40 с.
5. Л.А. Пастур. Фізичні явища в твердих тілах. Матеріали XIII Міжнародної конференції, під ред. В.С. Криловського, В.П. Пойди, Україна, Харків (2017), ст. 16.