

---

## Ювілеї. Пам'ятні дати

---

Ю.О. Храмов, А.С. Литвинко

### **Л.Д. Ландау і початок систематичних досліджень з теоретичної фізики в Україні (до 100-річчя від дня народження вченого)**

*Розглядаються роботи Л.Д. Ландау, виконані ним в харківський період його діяльності (1932—1937) — під час керування відділом теоретичної фізики в УФТІ та викладання в Харківському університеті, а також роботи деяких його учнів (В.Л. Германа та ін.), описано виховання ним наукової молоді та науковий стиль вченого. Зроблено висновок, що наукова творчість засновника харківської теоретичної школи видатного фізика Л.Д. Ландау здійснила великий вплив на формування фізичної науки України.*



Л.Д. Ландау

22 січня 2008 року виповнилося 100 років від дня народження видатного фізика-теоретика Льва Давидовича Ландау, який стояв біля формування засад сучасної фізичної науки і освіти в Україні. Він зробив фундаментальний внесок у квантову механіку, фізику твердого тіла, статистичну фізику, магнетизм, теорію ядра, фізику космічних променів, теорію плазми, теорію елементарних частинок, гідродинаміку.

Фізика в Україні набула інтенсивного розвитку після створення ряду наукових інститутів, перш за все Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) в Харкові у 1928 р. Роботи цього інституту різко змінили стан фізичних досліджень в країні, заклавши низку пріоритетних напрямів, таких як фізика твердого тіла, фізика низьких температур і конденсованого стану, ядерна фізика, радіофізика.

УФТІ був організований за рішенням уряду України на основі пропозиції ака-

деміка А.Ф. Йоффе створити мережу фізичних інститутів по всій території СРСР, зокрема в Харкові — столиці України, великому промислового й культурному центрі. Основними співробітниками УФТІ стали фізики, що переїхали з Ленінградського фізико-технічного інституту — І.В. Обреїмов, О.І. Лейпунський, Л.В. Шубніков, К.Д. Синельников, А.К. Вальтер, В.С. Горянський, Г.Д. Лапишев, А.Ф. Прихотько, О.Н. Трапезникова, Л.В. Розенкевич та інші. До складу УФТІ ввійшли також молоді харківські вчені А.А. Слуцкін і Д.С. Штейнберг.

У серпні 1932 р. теоретичний відділ УФТІ очолив Л.Д.Ландау, який, незважаючи на свої 24 роки, вже був відомим у світі фізиком. Діяльність Льва Давидовича значною мірою сприяла перетворенню УФТІ в світовий центр фізичної науки [1,2]. Людина колосального творчого потенціалу, теоретик надзвичайно широкого світогляду, один з останніх універсалів фізики, Л.Д. Ландау здійснив потужний вплив на формування та становлення стилю фізичного мислення. Він також увійшов в історію науки як талановитий педагог і вихователь кадрів теоретиків, який розробив оригінальну систему їх ефективної підготовки, створив велику і авторитетну наукову школу зі своїм стилем і традиціями.

Говорячи про свого вчителя, один з перших учнів Л.Д. Ландау академік НАН України О.І. Ахієзер писав: «Широта та діапазон його творчих інтересів справді величезні. У наш час важко, а може навіть і неможливо знайти іншого вченого такого ж діапазону чи, висловлюючись фізично, спектру інтересів. Універсалізм його був унікальним, бо характеризувався рідкісною глибиною проникнення в сутність фізичних явищ» [3, с.60].

«Ландау був фізиком «надекстракласу», — відзначав В.Л. Гінзбург. — Це був абсолютно унікальний фізик...І якщо я виділяю Ландау з усіх, то тому, що оцінка його «класу» складається з багатьох інгредієнтів. По-перше, це нау-

кові досягнення... По-друге, це рідкісна універсальність знань, знання всієї фізики. І, по-третє, він був Учителем з великої літери, Вчителем за покликанням. Добуток трьох таких «множників» виключно великий» [4, с.73—74].

Лев Давидович народився в Баку, 1922 р. вступив до Бакінського університету, але 1924 р. перевівся на фізичне відділення Ленінградського університету, який закінчив у 1927 р. У 1929—1931 рр. стажувався в Данії, Великобританії та Швейцарії. Особливим стало для молодого вченого перебування в Копенгагені, в Інституті теоретичної фізики Нільса Бора та можливість спілкування з провідними фізиками — М. Борном, В. Гейзенбергом, В. Паулі, П. Діраком. Після повернення у 1931 р. на батьківщину Л.Д. Ландау працював у Ленінградському фізико-технічному інституті, а 1932 р. очолив теоретичний відділ УФТІ.

Харківський період був для Л.Д. Ландау в науковому відношенні напруженим і плідним. Саме тут почалася реалізація його ідей щодо навчання теоретичної фізиці, сформувався його перші учні, які започаткували наукову школу. У 1932—1937 рр. він керував теоретичним відділом УФТІ й одночасно завідував кафедрою теоретичної фізики Харківського механіко-машинобудівного інституту (нині — політехнічний інститут), з 1935 р. — кафедрою експериментальної фізики Харківського університету [5].

У ті роки Л.Д. Ландау та його учні виконали низку важливих фундаментальних робіт. Так, він одним з перших 1933 р. запропонував поняття про антиферромагнетизм як особливу фазу магнетиків [6, т.1, с.97—101] і невдовзі після відкриття цього явища Л.В. Шубниковим дав його теорію. У 1934 р. Л.Д. Ландау та Є.М. Ліфшиць побудували теорію утворення електронно-позитронних пар при зіткненнях швидких заряджених частинок (до цього досліджувався лише механізм утворення пар фотонами) [6, т.1, с.110—122]. У 1935 р. у спільній з Є.М. Ліфшицем праці розвинув послідовну термодинамічну

теорію доменної структури феромагнетиків та теорію дисперсії магнітної проникності феромагнетиків у змінному магнітному полі, встановив рівняння руху магнітного моменту домену в змінному магнітному полі (рівняння Ландау—Ліфшиця), побудував теорію феромагнітного резонансу [6, т.1, с.1128—1143]. У 1936 р. Л.Д. Ландау, О.І. Ахієзер та І.Я. Померанчук розв'язали проблему розсіяння світла світлом в області високих частот, коли побудувати функцію Лагранжа електромагнітного поля неможливо [6, т.1, с.222—223].

З працями Л.Д.Ландау зі створення теорії фазових переходів II роду, теорії фермі-рідини та теорії надплинності, теорії космічних променів, фізики плазми пов'язано становлення систематичних досліджень в галузі статистичної фізики в Україні. Ще в своїй студентській роботі 1926 р. він уперше ввів для опису стану систем поняття матриці густини (статистичний оператор), що стало важливим для квантової статистики і кінетики квантових систем. Видатне місце в науковій творчості Ландау як за безпосереднім значенням, так і за обсягом застосувань займає теорія фазових переходів другого роду, побудована 1937 р. [7]. Ідеї, які лягли в її основу, містилися вже в замітці 1935 р. [8].

Поняття про фазові переходи різного порядку було вперше запроваджено П.Еренфестом з математичної точки зору залежно від порядку термодинамічних похідних, що можуть зазнавати стрибка в точці переходу. Однак питання про те, які саме з цих переходів можуть справді мати місце, а також у чому полягає їх фізична природа, залишалися відкритими.

Якщо звернутися до самого феномену фазових переходів, слід зазначити, що зазвичай при фазовому переході має місце стрибок стану тіла, наприклад, відбувається різка перебудова кристалічної ґратки. Однак можливий і інший тип переходів, пов'язаних зі зміною симетрії, якщо жодного стрибка в зміні стану тіла

не відбувається і розташування атомів у кристалі змінюється неперервно, але як завгодно малий зсув атомів від їх початкового симетричного розташування є достатнім для того, щоб симетрія ґратки одразу змінилися. Такий перехід однієї кристалічної модифікації в іншу називають фазовим переходом II роду на відміну від звичайних фазових переходів I роду.

У випадку фазових переходів II роду стрибкоподібно змінюються похідні термодинамічного потенціалу: теплоємність, стисливість, коефіцієнт теплового розширення. При цьому перші похідні залишаються незмінними, а термодинамічні функції стану тіла (його ентропія, енергія, об'єм і т.п.) — неперервними при проходженні через точку переходу. Це означає відсутність виділення чи поглинання тепла, яке характерне для переходів I роду.

Загальна термодинамічна теорія фазових переходів II роду була розроблена Ландау 1937 р. Він пов'язав фазовий перехід II роду зі зміною симетрії системи, вперше вказавши на глибокий зв'язок між можливістю існування неперервного (у розумінні зміни стану тіла) фазового переходу і стрибкоподібною зміною деякої властивості симетрії тіла в точці переходу, також показав, що в точці переходу можлива не будь-яка зміна симетрії, та запропонував метод, який дозволяє визначити можливі типи зміни симетрії.

Оскільки стани обох фаз у точці переходу II роду співпадають, то симетрія тіла в самій точці переходу повинна містити елементи симетрії обох фаз. Виявилось, що вона збігається із симетрією по одну сторону від цієї точки, тобто із симетрією однієї фази. Таким чином, симетрія однієї з фаз є більш високою, а симетрія іншої фази — більш низкою. На відміну від фазового переходу II роду, зміна симетрії тіла при фазовому переході I роду не підлягає жодним обмеженням, і симетрії обох фаз можуть не мати нічого спільного. У пе-

реважній більшості всіх відомих фазових переходів II роду більш симетрична фаза відповідає вищим температурам, а менш симетрична — нижчим. Зокрема, перехід II роду з упорядкованого в неупорядкований стан відбувається при підвищенні температури. Це правило, однак, не є термодинамічним законом і допускає винятки.

Зміна симетрії тіла при фазовому переході II роду може здійснюватися як при зміщенні атомів, так і при зміні впорядкованості кристала. Може здійснюватися також і взаємне перетворення двох фаз, які відрізняються іншою властивістю симетрії. Такими, наприклад, є точки Кюрі феромагнітних речовин (точки перетворення феромагнетика в парамагнетик), коли відбувається зміна симетрії розташування елементарних магнітних моментів у тілі, перехід металу у надпровідний стан (за відсутності магнітного поля), перехід рідкого гелію в надплинний стан. Тому розвинута Ландау кількісна теорія була заснована на припущенні про регулярність розкладання термодинамічних величин поблизу точки переходу за степенями введеного ним коефіцієнта впорядкування. Це дозволило Л.Д. Ландау розглянути відомі випадки фазового переходу II роду, побудувати загальну класифікацію всіх можливих переходів та їх особливостей, дати термодинамічне тлумачення явищам надплинності та надпровідності. Так, на цій основі Л.Д. Ландау розробив теорію проміжного стану надпровідників, показавши, що в цьому стані надпровідник складається з послідовних шарів нормальної та надпровідної фаз. Спільно з І.Я. Померанчуком Л.Д. Ландау виконав у 1937 р. роботу «Про властивості металів при дуже низьких температурах» [6, т.1, с.208—221]. Нині зрозуміло, що теорія фазових переходів II роду Ландау не відображала всіх властивостей і механізму фазового переходу II роду, не враховувала можливої особливості величин у точці переходу. В останні роки своєї діяльності Л.Д. Ландау

багато працював над проблемою з'ясування характеру цієї особливості, не встигнувши, на жаль, прийти до однозначних результатів.

Дві роботи Л.Д. Ландау зі статистичної фізики стосуються фізики плазми. Характерні особливості, які відрізняють плазму від інших макроскопічних середовищ, безпосередньо пов'язані з її колективними властивостями, що виявляються в існуванні різних власних хвиль та коливань. Одна із зазначених праць Ландау 1936 р. «Кінетичне рівняння у випадку кулонівської взаємодії» [9], виконана у Харківському фізико-технічному інституті, мала надзвичайно важливе значення для започаткування робіт з фізики плазми в Україні. У ній вперше було одержано кінетичне рівняння з урахуванням кулонівської взаємодії між частинками. Повільність зменшення кулонівських сил не давала можливості застосувати у цьому випадку звичайні методи побудови кінетичних рівнянь, однак Ландау вдалося вивести кінетичне рівняння для плазми у випадку кулонівської взаємодії та встановити вигляд інтеграла зіткнень для заряджених частинок при їх кулонівській взаємодії. Ці результати стали основою теорії релаксаційних процесів у плазмі. Значення даної роботи було усвідомлено пізніше, коли почала розглядатись можливість побудови термоядерних установок і фізика плазми стала однією з пріоритетних галузей науки. Відтоді одержаний інтеграл зіткнень, який використовується в задачах про релаксацію у плазмі, про електропровідність та про нагрівання плазми, почали називати інтегралом зіткнень Ландау.

Інший важливий результат Л.Д. Ландау в галузі фізики плазми стосується коливань плазми і полягає у тому, що було підтверджено закон дисперсії хвиль Ленгмюра, проте показано наявність їх згасання (згасання Ландау) у випадку плазми без зіткнень, але з урахуванням так званого самоузгодженого поля частинок, що описується кінетич-

ним рівнянням Власова [10]. Це означало, що навіть в умовах високих частот, коли зіткненнями між частинками в плазмі можна знехтувати, коливання будуть все-таки згасаючими. Таким чином, ця робота Л.Д. Ландау разом з роботою А.О. Власова [11] зіграла основоположну роль у побудові кінетичної теорії плазми.

Після даної праці з'явилися численні статті, в яких було з'ясовано фізичну природу згасання Ландау та показано, що воно зумовлюється резонансною взаємодією електронів із самоузгодженим полем хвилі, тому відіграє важливу роль в усіх плазмових процесах. З неї бере початок ще один важливий напрямок у фізиці плазми, розвиток якого належить учням і послідовникам Л.Д. Ландау. Це — дослідження взаємодії пучків заряджених частинок із плазмою. Так, у 1948 р. О.І. Ахієзер спільно з Я.Б. Файнбергом незалежно від Д. Боме і Е. Гросса (1949) передбачили ефект пучкової нестійкості плазми, через яку проходить електронний пучок. Даний ефект проявлявся як виникнення у плазмі не згасаючих, а зростаючих коливань [12]. Разом з працями Власова та Ландау в галузі фізики плазми ця робота лежить в основі сучасних досліджень колективних процесів у плазмі і має важливе значення для практичних застосувань, зокрема для розробки методів нагрівання плазми.

Після праць Ландау вивчення закономірностей процесів у плазмі, а також їх застосування до термоядерного синтезу стали традиційним напрямом фізики і техніки в Україні. Ці питання досліджувались у наукових школах самого Л.Д. Ландау, а також у дочірніх школах академіків О.І. Ахієзера, Я.Б. Файнберга, О.Г. Ситенка.

Л.Д. Ландау належать також пріоритетні результати щодо застосування методів статистичної фізики до теорії ядра. В основі вихідного уявлення Н. Бора, що стало основою розвитку нових поглядів на ядерні реакції, лежав розгляд ядра як системи з великим числом степенів віль-

ності. Тому взаємодія частинки, що налітає, з ядром-мішенню (перший етап ядерної реакції) вже не могла тлумачитися як задача про рух однієї частинки в силовому полі ядра, адже при зіткненні енергія цієї частинки розподіляється між багатьма степенями вільності ядра. У результаті виникає сильно збуджена система (проміжне або складене ядро), властивості якої вже практично не залежать від індивідуальних особливостей першого етапу реакції.

Цей важливий висновок про незалежність другої фази реакції (розпад складеного ядра) від першої її фази (утворення складеного ядра) привів до розуміння того, що процес розпаду ядра практично цілком визначається властивостями збуджених станів проміжного ядра, такими як енергія, спин, парність. Таким чином, основною проблемою в дослідженні ядерних реакцій стало вивчення збуджених станів ядер.

Дослідженням цих питань займався Я.І. Френкель, який у 1918—1921 рр. працював в Україні у Кримському університеті. У своїх роботах він, виходячи з уявлення про ядро як про систему, що складається з великої кількості частинок, робить сміливу для того часу спробу — застосувати до ядра замість законів механіки закони статистики, що відкрило можливість описувати збуджені стани, виходячи з нових понять. Вперше таку думку Я.І. Френкель висловив у березні 1936 р. у своєму виступі на сесії Фізико-математичного відділення Академії наук СРСР у Москві.

На основі цих нових ідей у роботах Л.Д. Ландау і пізніше В. Вайскопфа і Г. Бете була створена статистична теорія ядра, що є тепер одним з основних розділів ядерної фізики. Початок розвитку ідеї Френкеля про статистичний розгляд явищ в атомному ядрі був покладений у праці Л.Д. Ландау «До статистичної теорії ядер», надрукованої у 1937 р. [13]. Виходячи із загальних міркувань та розглядаючи систему нуклонів ядра як вироджений ідеальний фермі-

газ, що підпорядковується статистиці Фермі—Дірака, він вивів основні формули і співвідношення, зокрема, формули для розподілу ядерних рівнів і визначення порядку їх ширини. «Якщо враховувати взаємодію частинок у ядрі, то, звичайно, немає жодних підстав розглядати ядро як «тверде тіло», тобто як «кристал», а варто розглядати його як «рідку краплю» з протонів і нейтронів. На відміну від звичайних рідин у цій рідині суттєву роль відіграють квантові ефекти, тому що квантова невизначеність координат частинок всередині ядра значно більша за їх взаємні відстані. Незважаючи на те, що ми ще не маємо методу для теоретичного дослідження «квантових рідин», можна все ж таки вивести деякі властивості ядер, застосувавши до них статистичні міркування», — пояснював свій підхід Ландау.

«Покладемо енергію ядра в нормальному стані рівною нулю. У цьому стані «температура» ядра  $T$  дорівнює нулеві ( $T$  ми будемо вимірювати нижче в енергетичних одиницях). Оскільки енергія «збудження» ядра у випадках, що нас цікавлять, мала порівняно з енергією зв'язку ядерних частинок, то і температуру  $T$  збудженого ядра можна вважати малою. Тому вільну енергію  $F$  збудженого ядра можна розкласти в ряд за степенями  $T$ . Це дасть, обмежуючись першим членом:

$$F = -\frac{\alpha T^2}{2},$$

де  $\alpha$  — стала. Член з першим степенем  $T$  випадає відповідно до теореми Нернста. Ту обставину, що розкладання в ряд повинно починатися у рідин із члена  $T^2$ , можна вивести як з аналогічних співвідношень для газів, так і безпосередньо з дослідів Кеезома, згідно з якими теплоємність електронної рідини в металах пропорційна  $T$ , — писав він [13, с. 819—820].

Виходячи із зроблених припущень, Л.Д. Ландау виводить наступне основне рівняння для ентропії  $S$  збудженого ядра:

$$S = \sqrt{2\alpha E},$$

а також число рівнів в одиничному інтервалі енергії, тобто «густину» квантованих рівнів ядра:

$$\frac{dN}{dE} = e^s \cdot \frac{dS}{dE} = \frac{1}{T} e^{\sqrt{2\alpha E}}.$$

Ця формула визначає розподіл за енергіями всіх рівнів, з усіма можливими моментами обертання. З неї можна одержати зворотню величину  $\sigma = dE/dN$ , що виражає середню відстань між сусідніми збудженими рівнями ядра на шкалі енергії.

Далі в праці Ландау розглядаються питання станів ядра з певним моментом, шириною резонансних рівнів для нейтронів у випадку розсіяння (пружному і непружному), розрахунку радіаційних переходів ядер із збудженого стану. Ці питання нині складають основу статистичної теорії ядер, тому їх розгляд Л.Д. Ландау є значною віхою в розвитку даної теорії.

Харківський період наукової творчості Л.Д. Ландау важливий також тим, що саме на нього припадає початок формування наукової школи вченого [1, 5]. Мету Л.Д. Ландау в УФТІ було чітко визначено: створення теоретичного відділу, виявлення творчої молоді і робота з нею, наукова діяльність у теоретичній фізиці, педагогічна робота в харківських вузах, організація семінару, написання книг і оглядів з теоретичної і загальної фізики, взаємодія з експериментаторами інституту. Все це він повністю реалізував у короткий час. Теоретичний відділ, на думку Л.Д. Ландау, мав бути єдиним цілим в організаційному плані, з інтенсивною науковою працею, твердою дисципліною, обов'язковою задачею співробітниками відділу своєрідних екзаменів з теоретичної фізики, участю в теоретичному семінарі.

Особистість Л.Д. Ландау викликала захоплення творчої молоді. Його доступність, постійна готовність обговорювати фізичні проблеми привели до того, що навколо вченого склалося коло осіб, які бажали з ним працювати. Однак Л.Д. Ландау чітко розумів, що багато хто

з них не має достатньої професійної підготовки, тому почав з 1933 р. створювати програми необхідного мінімуму знань в галузі теоретичної фізики і математики, оволодіння яким є обов'язковим для молодих фізиків-теоретиків (теормінімум Ландау).

«Питання навчання теоретичній фізиці, як і фізиці в цілому, зацікавили його ще зовсім молодим, — згадував Є.М. Ліфшиць. — Саме тут, у Харкові, він уперше став розробляти програми «теоретичного мінімуму» — основних знань з теоретичної фізики, необхідних для фізиків-експериментаторів, і окремо для тих, хто хоче присвятити себе професійній дослідницькій роботі з теоретичної фізики. Не обмежуючись розробкою одних лише програм, він читав лекції з теоретичної фізики для співробітників УФТІ, а на фізмеху — для студентів. Захоплений ідеями перебудови викладання фізики в цілому, він прийняв завідування кафедрою загальної фізики в ХДУ...» [14, с. 12].

Л.Д. Ландау надавав велике значення оволодінню фізиком-теоретиком математичною технікою, тому перш за все претендентам у теоретики необхідно було витримати іспит з математики в її практичних аспектах. Далі йшли іспити з фізичної частини програми теормінімуму, що включали основні знання із семи розділів теоретичної фізики: механіки, теорії поля, квантової механіки, статистичної фізики, механіки суцільних середовищ, електродинаміки, релятивістської квантової теорії. На думку Л.Д. Ландау, цими знаннями мали володіти всі теоретики незалежно від майбутньої спеціальності, оскільки теоретик повинен у «чорновому варіанті» знати всю теоретичну фізику, а викладацька діяльність повинна йому в цьому допомогти. Після опанування основами теоретичної фізики учні могли займатися конкретними фізичними задачами, обов'язково поєднуючи наукову працю з викладанням, причому курси щоразу мінялися. Таким чином молоді теоретики ставали фахівцями широкого профілю.

Теормінімум Ландау виявився одним з найбільш дієвих способів постійного наукового контакту з вчителем. Екзамен став тією основою, на якій виникла наукова школа, адже практично всі учні і співробітники вченого пройшли через теормінімум. Це дало підставу І.М. Халатнікову написати: «Школа Ландау виникла не стихійно, вона була задумана, запрограмована, як тепер говорять, а теормінімум став механізмом, що дозволяв робити протягом багатьох років селекційну роботу — збирання талантів» [15, с. 267—268].

Органічно пов'язаним з теормінімумом був і багатотомний курс теоретичної фізики, написаний Л.Д. Ландау з одним з його найближчих учнів Є.М. Ліфшицем. Ідея курсу як серії монографій, в яких викладаються основні розділи теоретичної фізики, народилася в Харкові, там же почалася і її реалізація. Так, у статистичній фізиці викладалась також термодинаміка, причому на основі загального розподілу Гіббса, завдяки чому встановлювався її глибокий зв'язок зі статистичною механікою [16]. Семитомний курс теоретичної фізики, практично завершений ще за життя Л.Д. Ландау, являв собою енциклопедію теоретичної фізики, в той же час слугував за методичний посібник для науковців, аспірантів і студентів. Книги курсу стали настільними, неодноразово перевидавалися і перекладалися багатьма мовами. Разом з теормінімумом Ландау курс теоретичної фізики відіграв значну роль у підготовці кадрів фізиків-теоретиків у нашій країні. У харківський період учнями Ландау були Є.М. Ліфшиць, О.С. Компанеєць, О.І. Ахієзер, І.Я. Померанчук, І.М. Ліфшиць, В.Г. Левич, В.Л. Герман та інші.

Одним з учнів Л.Д. Ландау харківського періоду був В.Л. Герман, який провів ряд досліджень по взаємодії світла з атомними системами. Діяльність вченого мало висвітлена в історико-науковій літературі, однак нами знайдені архівні матеріали, які свідчать, що Веніамін Львович народився 10 травня 1914 р. у Зам-

брово (Польща). Закінчив Харківський університет (1936), в якому з 1936 р. почав викладати (з 1944 р. — керівник кафедри теоретичної механіки) та водночас працювати в Харківському фізико-технічному інституті (з 1945 р. — доктор фіз.-мат. наук, з 1946 р. — професор). У 1955—1964 рр. очолював відділ теоретичної фізики новоствореного Інституту радіофізики та електроніки, підготував 15 кандидатів наук [17]. Роботи В.Л. Германа стосувались фізики твердого тіла, зокрема, тензорних властивостей кристалів, теорії суцільних середовищ, квантової механіки, електродинаміки і теорії відносності, нелінійної фізики, кавітації, теорії спектрів, поляризації світла. Він дослідив взаємодію світла з атомними системами, побудував теорію пластичності анізотропних середовищ, розв'язав ряд важливих завдань статистичної радіофізики, а саме побудував теорії розсіяння, поглинання та поширення радіохвиль [18—25]. Протягом керівництва В.Л.Германом кафедрою теоретичної механіки Харківського університету на кафедрі почали розроблятися нові напрями, такі як магнітогазодинаміка, астрофізика, теорія пластичності і температурних напруг, кристалологія, газо- та магнітодинамічна теорія мастил, анізотропна теорія пружності, теорія ударних хвиль, теорія турбулентності та теорія граничного шару. Однак головним напрямом стала механіка суцільних середовищ. В.Л.Герман ввів в учебні плани курси магнітної гідродинаміки та тензорного аналізу, об'єднав декілька окремих дисциплін в один курс механіки суцільних середовищ. Помер вчений 24 жовтня 1964 р.

На початку 1937 р. обстановка навколо Ландау, яка на тлі посилення репресій сталінського режиму нагніталась його недоброзичливцями, дуже ускладнилася і він змушений був переїхати до Москви, залишивши Харківський університет і УФТІ. У лютому 1937 р. Л.Д. Ландау очолив теоретичний відділ Інституту фізичних проблем АН СРСР. На жаль, переїзд не дав можливості вче-

ному уникнути арешту. Він майже рік провів у в'язниці.

У Москві тривав інтенсивний розвиток школи. Цьому в значній мірі сприяв організований ним теоретичний семінар, де доповідалися оригінальні роботи і реферувалися статті з найбільш авторитетних фізичних журналів. Саме тут виявлялася та універсальна підготовка, що давав теормінімум. Зробити доповідь на семінарі було важко, але почесно. Доповідач піддавався наче «допиту з пристрастю», учасникам дозволялося перебивати його. Скоріше це була не доповідь, а діалог між доповідачем і аудиторією на чолі з Л.Д. Ландау. О.І. Ахієзер згадував, що семінар був своєрідним явищем — не просто зборами, на яких надають слово і чемно дякують, а скоріше «Запорозькою Січчю», на якій на доповідача, що уособлював автора, «накидався» Ландау зі своїми питаннями і колосальним критицизмом. Відбувалася своєрідна боротьба, що було дуже цікаво для всіх учасників семінару.

Л.Д. Ландау привчав своїх учнів до самостійності, не ставив перед ними задач і не давав тем, вважаючи, що учні повинні були самі знаходити їх. Він також ніколи не робив того, що, на його думку, повинні були робити самі учні. Але коли учень, знайшовши задачу і зробивши попередні викладки, зупинявся на складному етапі, Ландау давав слушну пораду, а іноді проводив серйозний розрахунок. У цьому проявлявся науковий стиль Л.Д. Ландау, якому були властиві ясність і чіткість постановки питань, бачення найбільш прямого шляху їхнього розв'язання, прагнення «тривіалізувати» складні речі. Всі ознаки цього стилю несуть на собі його чіткі і ясні праці. Ландау ретельно обмірковував кожну фразу, яку після знаходження найбільш вдалого формулювання один з учнів, з ким він у даний момент працював, записував. Вчений залучав до підготовки статей своїх найближчих співробітників, найчастіше



Є.М. Ліфшиця. Саме в такий спосіб відточувався стиль викладання та водночас вирішувалися робочі питання.

У 1962 р. відбулося непоправне: автомобільна катастрофа зупинила інтенсивну наукову роботу Л.Д. Ландау, і хоч його життя було врятовано, він вже не міг повернутися до творчої діяльності. Помер вчений 1 квітня 1968 р.

Наукові напрями, започатковані Ландау, розроблялися далі його учнями. Зі створенням у 1964 р. Інституту теоретичної фізики АН СРСР, що нині носить ім'я Л.Д. Ландау, вони оформилися інституціонально і продовжують відігравати провідну роль у сучасній теоретичній фізиці. Стиль школи Ландау, її дух, високий дослідницький клас продовжують існувати ще тому, що ряд учнів (І.М. Ліфшиць, А.Б. Мігдал, І.Я. Поме-

ранчук, О.І. Ахієзер) стали засновниками власних теоретичних шкіл, які відокремилися від школи Ландау. Вони зберегли успадковані традиції школи, демонструючи тим самим її еволюцію, цілісність та ефективність методів підготовки молодих теоретиків, запропонованих Л.Д. Ландау.

Підсумовуючи, зазначимо, що наукова творчість засновника харківської теоретичної школи — видатного фізика Льва Давидовича Ландау здійснила великий вплив на формування фізичної науки в Україні. Початок систематичних досліджень у фізиці твердого тіла, ядерній фізиці, фізиці плазми, магнетизмі пов'язаний саме з науковою та педагогічною діяльністю Л. Ландау в Харківському фізико-технічному інституті та в Харківському університеті.

1. Храмов Ю.А. История формирования и развития физических школ на Украине. — К.: Феникс, 1991. — 216 с.
2. Храмов Ю.А. История физики. — К.: Феникс, 2006. — 1176 с.
3. Ахиезер А.И. Учитель и друг // Воспоминания о Л.Д. Ландау. — М.: Наука, 1988.
4. Гинзбург В.Л. Замечательный физик // Воспоминания о Л.Д. Ландау. — М.: Наука, 1988.
5. Ахиезер А.И. Харьковская школа теоретической физики // Укр. физ. журн. — 1985. — Т. 30, № 5. — С. 645—661.
6. Ландау Л.Д. Собрание трудов. — В 2 т. — М.: Наука, 1969.
7. Ландау Л.Д. К теории фазовых переходов. II // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1937. — Т. 7. — С. 627.
8. Ландау Л.Д. К теории аномалий теплоемкости // Phys. Ztschr. Sow. — 1935. — Bd. 8. — S. 113.
9. Ландау Л.Д. Кинетическое уравнение в случае кулоновского взаимодействия // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1937. — Т. 7. — С. 203.
10. Ландау Л.Д. О колебаниях электронной плазмы // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1946. — Т. 16. — С. 574—586.
11. Власов А.А. О вибрационных свойствах электронного газа // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1938. — Т. 8. — С. 291—318.
12. Ахиезер А.И., Файнберг Я.Б. О взаимодействии пучка зряженных частиц с электронной плазмой // Докл. АН СССР. — 1949. — Т. 69. — С. 555—556.
13. Ландау Л.Д. К статистической теории ядер // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1937. — Т. 7. — С. 819.
14. Ли́фшиц Е.М. Лев Давидович Ландау // Воспоминания о Л.Д. Ландау. — М.: Наука, 1988.
15. Халатников И.М. Как создавалась школа Ландау // Воспоминания о Л.Д. Ландау. — М.: Наука, 1988.
16. Ландау Л.Д., Ли́фшиц Е.М. Статистическая физика. — М., 1964. — 568 с.
17. Особова справа доктора фізико-математичних наук В.Л.Германа за 1962—1964 рр. — Архів Інституту радіофізики та електроніки НАН України, ф. 1, оп. № 2.-Л, од. зб. № 114.
18. Герман В.Л. О поляризации и интенсивности света, рассеянного вблизи квадрупольной линии // Журн. эксперим. и теорет. физики. — 1939. — № 9, вып. 12. — С. 1415.
19. Герман В.Л. Поляризация света, рассеянного возбужденными атомами // Докл. АН СССР. — 1944. — Т. 42, № 4. — С. 168.
20. Герман В.Л. Об интеркомбинационных переходах в спектрах сложных молекул // Докл. АН СССР. — 1945. — Т. 48. — С. 260.
21. Герман В.Л. Некоторые теоремы об анизотропных средах // Докл. АН СССР. — 1945. — Т. 48. — С. 95.

22. Герман В.Л. О возможном объяснении эффекта Бриджмена — повышения прочности всесторонним равномерным давлением // Докл. АН СССР. — 1946. — Т. 51. — № 9. — С. 671.

23. Герман В.Л. та ін. До гідродинаміки кавітаційної рідини // Доп. АН УРСР. — 1954. — № 2. — С. 115.

24. Герман В.Л. и др. К гидро- и газодинамической теории смазки // Записки мат. отд. физ.-мат. ф-та ХГУ и Харьк мат. общ. — 1957. — Т. 25. — С. 101.

25. Герман В.Л. и др. Исследование рассеяния, поглощения и распространения волн в осадках // Укр. физ. журн. — 1961. — № 6.

*Одержано 11.12.2007*

*Ю.А. Храмов, А.С. Литвинко*

### **Л.Д. Ландау и начало систематических исследований по теоретической физике в Украине (к 100-летию со дня рождения ученого)**

*Рассматриваются работы Л.Д. Ландау, выполненные им в харьковский период его деятельности (1932—1937) — во время руководства отделом теоретической физики в УФТИ и преподавания в Харьковском университете, а также работы некоторых его учеников (В.Л. Германа и др.), описаны воспитание им научной молодежи и научный стиль ученого. Сделан вывод, что научное творчество основателя харьковской теоретической школы выдающегося физика Л.Д. Ландау оказало огромное влияние на формирование физической науки в Украине.*

*О.Ю. Колтачихіна*

### **О.Ф. Богородський та його праці із загальної теорії відносності та космології (до 100-річчя від дня народження вченого)**

*Розглядаються біографічні відомості щодо українського вченого, астронома Олександра Федоровича Богородського та його праці із загальної теорії відносності та космології.*

У цьому році виповнюється 100 років від дня народження Олександра Федоровича Богородського. «Олександр Федорович Богородський [був] видатним радянським вченим, ... яскравим математичним даруванням» — з відгуку про О.Ф.Богородського доктора фізико-математичних наук М.С.Ейгенсона [1, арк.11]. З праць вченого розпочалися дослідження в галузі загальної теорії відносності та космології в Астрономічній обсерваторії Київського університету.

У літературі існує мало згадок про Олександра Федоровича, тому в даній статті розглядаються його біографічні відомості, що були встановлені з особливої справи вченого [1], та його праці із загальної теорії відносності та космології.

Вчений народився 11 вересня 1907 р. в м. Горлівка Донецької області в сім'ї залізничних службовців. Початкову освіту отримав в молодших класах Таганрозького комерційного училища, де навчався в 1915—1920 рр. Потім освіту продовжив в Трудовій школі на соціально-кооперативних курсах в тому ж місті, працюючи певний час рахівником. З 1928 по 1931 рр. навчався в Північно-кавказькому педагогічному інституті м. Ростов-на-Дону (Росія), при закінченні якого отримав спеціальність викладача математики та фізики.

Педагогічну роботу розпочав в 1930 р. в м. Таганрог, де викладав у Трудовій школі № 8 (IX.1930—IX.1932 рр.), на Комбінаті робочої освіти (X.1930—