

ЛЕВ ДАВИДОВИЧ ЛАНДАУ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ХАРЬКОВСКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИИ

Баранов М.И., д.т.н., с.н.с.

НИПКИ "Молния" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт"
Украина, 61013, Харьков, ул. Шевченко, 47, НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ"
тел. (057) 707-68-41, факс (057) 707-61-33, E-mail: eft@kpi.kharkov.ua

Приведено короткий науково – історичний нарис про творчий шлях і основні наукові досягнення в області теоретичної фізики видатного фізика – теоретика ХХ сторіччя Льва Давидовича Ландау.

Приведен краткий научно – исторический очерк о творческом пути и основных научных достижениях в области теоретической физики выдающегося физика – теоретика ХХ столетия Льва Давидовича Ландау.

*100-летию со дня рождения
выдающегося советского физика-теоретика,
академика АН СССР, лауреата Нобелевской премии
Льва Давидовича Ландау посвящается.*

здесь у Л. Ландау были постоянные "хвосты".

1. ПЕРИОД УЧЕБЫ И СТАНОВЛЕНИЯ БУДУЩЕГО ФИЗИКА

Родился Лев Давидович Ландау 22 января 1908 года в г. Баку, являвшимся главным нефтедобывающим центром России. Его отцом был Давид Львович Ландау, инженер-нефтяник. Когда родился сын Льва, он занимал достаточно высокую должность главного инженера одного из бакинских нефтепромыслов. Мать Льва Ландау – Любовь Вениаминовна Гаркави-Ландау была врачом, закончила в 1904 году Петербургский женский медицинский институт [1]. Она выросла в бедной семье, всю жизнь много работала, была душевно сильным, решительным и деятельным человеком. Занималась она как практической лечебной медициной, так преподаванием и научной работой в области физиологии. Принадлежала мать Л.Д. Ландау к женщинам незаурядным. Ее разносторонность безусловно передалась и ее сыну, заложив в нем призвание быть не только ученым, но и педагогом. Лев был вторым ребенком в семье (до него родился его сестра Софья, ставшая впоследствии инженером-химиком). Свое образование он начал с гимназии, а в 13 лет сумел уже закончить среднюю школу. Способности к точным наукам, особенно к математике, проявились у него рано. Весной 1961 года наш герой уже в ранге всемирно знаменитого ученого в беседе со студентами Московского физико-технического института сказал [1]: "...Вундеркиндом я не был. Участь в школе, по сочинениям отметок выше троек не получал. Интересовался математикой. Все физики-теоретики в науку приходят от математики. И я не стал исключением. В двенадцать лет умел дифференцировать, а в тринадцать – интегрировать". Из-за малого возраста и щуплой комплекции после школы ему пришлось вместе со своей сестрой год проучиться в Бакинском экономическом техникуме. Зато осенью 1922 года в 14 лет он стал студентом Бакинского университета, причем сразу двух его факультетов: физико-математического и химического. Здесь он проучился только два года и в 1924 году Л. Ландау поступает на физическое отделение известного в среде российской высшей школы своим высоким образовательным статусом Ленинградского университета. Теоретические учебные дисциплины ему давались легко, а вот успешно заниматься вузовскими экспериментальными лабораторными работами он органически не мог. По физической лаборатории



Лев Давидович Ландау (1908г. – 1968г.)

Явные черты "чистого теоретика" у него появились уже на третьем курсе обучения. Поэтому на учебных физических семинарах он чувствовал себя очень свободно, легко вступал в дискуссии и научную полемику даже с такими известными университетскими преподавателями физики как Дмитрием Сергеевичем Рождественским (крупнейшим российским оптиком и специалистом в области спектроскопии тех времен) и Владимиром Александровичем Фоком (будущим советским академиком в области теоретической физики).

В 1926 году, еще будучи студентом университета, Л. Ландау стал сверхштатным аспирантом Ленинградского физико-технического института (тогда такое совмещение не запрещалось) и опубликовал свою первую научную работу "К теории спектров двухатомных молекул", где им был применен матричный метод расчетов [1, 2]. Эта работа 18-летнего Л. Ландау свидетельствовала уже о его весьма высоком физико-математическом уровне и показала его научную зрелость. Следующая статья молодого Л. Ландау "Проблема затухания в волновой механике", опубликованная в 1927 году, относилась к задачам торможения в квантовой механике, изучающей явления микромира. В ней он впервые ввел описание состояния квантовой системы с помощью матрицы плотности [2]. Тогда волновая механика только создавалась и оформлялась как отдельная отрасль физики. В этот период за грани-

цей была опубликована знаменитая серия статей выдающегося австрийского физика-теоретика Эрвина Шрёдингера на общую тему "Квантование как задача на собственные значения", заложившая основы волновой механики [3, 4]. Подчеркнем здесь то, что эти первые статьи Л. Ландау не потеряли своего значения и для современной физики. Ими открывается посмертный двухтомник научных трудов Л.Д. Ландау, в который включались только те работы, которые сохранили свою научную ценность для физики [1, 5, 6].

Во время учебы в Ленинградском университете Л. Ландау тесно подружился с будущими известными физиками-теоретиками: Георгием Гамовым (студенческая кличка – Джонни), прославившимся в США, и Дмитрием Иваненко (студенческая кличка – Димус), входившем в бывший СССР в славную академическую когорту советских ученых. Себя они называли "джаз-бандой", хотя по свидетельству их сокурсников им лучше подходило прозвище "физических мушкетеров". Основным жизненным смыслом, содержанием и целью этой тесной студенческой команды были занятия физикой и борьба за физику. Все они были молоды и были максималистами. Они верили в себя и в свои силы. То были бурные годы в физике – шло становление квантовой физики и такого ее раздела как волновая механика. Они на ходу "хватали" и усваивали новые физические идеи этой науки микромира. Тогда Л. Ландау и его друзья поставили перед собою крайне высокую цель: вывести отечественную физику на мировой уровень естественных знаний. В ту пору защита университетского диплома считалась значительным событием: из-за большого отсева студентов учебу в этом знаменитом заведении успешно заканчивали немногие. В 1927 году в возрасте 19-ти лет Л. Ландау с успехом защитил дипломную работу, базировавшуюся на его первой научной статье, и покинул физический факультет Ленинградского университета.

В 1929 году Л. Ландау в силу своих исключительных физико-математических способностей был направлен советским правительством на полтора года в научную командировку за границу. Тогда весьма широко практиковалась научная стажировка способных молодых физиков в ведущих научных центрах Европы. В 1959 году Л. Ландау о тех годах вспоминал [1]: "...Это путешествие имело для меня громадное значение. Я перевидел всех великих физиков. Не виделся только и теперь уже не увижусь с Энрико Ферми. Своим учителем считаю датского физика Нильса Бора. Именно он научил меня понимать принцип неопределенности квантовой механики". Большую часть своей командировки Л. Ландау провел в г. Копенгагене (Дания) в институте теоретической физики у Н. Бора, вокруг которого собирались начинающие и уже состоявшиеся физики-теоретики со всех континентов земного шара. Там в беседах, дискуссиях и в обсуждениях физических проблем в атмосфере подлинной духовности шла напряженная коллективная научная работа. Пример Н. Бора он безусловно использовал в недалеком будущем при создании в г. Харькове крупной советской школы теоретической физики. Работая в этот граничный период в г. Цюрихе (Швейцария) у знаменитого физика-теоретика Вольфганга Паули, Л. Ландау задумал и выполнил важную работу, связанную с квантовомеханическим описанием поведения "электронного газа" в металлах. Результатом этой работы стала его известная статья "Диамagnetизм металлов" [1, 2, 5]. Этой работой он в 1930 году теоретически предсказал

возникновение совершенно особых магнитных свойств у "электронного газа" в металле, которые определяют появление в этом сильно нетривиальном "газе" состояния, называемого диамagnetизмом. По современному определению диамagnetизм – это "магнитное состояние вещества, при котором его намагнитченность направлена навстречу вызывающему это состояние внешнему магнитному полю" [7]. Это явление вошло в науку под именем "диамagnetизма Ландау" [8]. Данная работа 22-летнего Л. Ландау стала важным научным "кирпичом" в здании современной физики.

2. ХАРЬКОВСКИЙ ПЕРИОД НАУЧНОЙ РАБОТЫ

В 1931 году Л. Ландау из заграничной командировки возвратился в г. Ленинград в Физико-технический институт, возглавляемый известным советским физиком, академиком АН СССР Абрамом Федоровичем Иоффе. Ведущей научной тематикой самого А.Ф. Иоффе была физика твердого тела. Он изучал электрические и механические свойства кристаллов, физику и технику полупроводников. Здесь наряду с научной работой Л. Ландау в ранге молодого профессора занимался и педагогической работой. Он по-прежнему числился в "молодых" и ему приходилось в ожесточенных спорах с коллегами отстаивать свою методику изложения студентам Ленинградского университета курса теоретической физики. В этот сложный для Л. Ландау ленинградский временной отрезок, пестрящий сложными людскими взаимоотношениями между ним и окружающими его физиками, двухсторонними язвительными выпадами и оценками, он пришел к трудному для себя выводу о необходимости смены окружающей обстановки. В 1932 году Л.Д. Ландау переезжает в г. Харьков для научной работы в Украинском физико-техническом институте (УФТИ). УФТИ (ныне он называется Национальный научный центр "ХФТИ"), как известно, был организован в октябре 1928 года и его первым директором был академик АН УССР Иван Васильевич Обреимов [9]. Тогда основной научной тематикой харьковского физико-технического института была физика твердого тела и низких температур [2]. Этот дальновидный руководитель УФТИ твердо считал, что для плодотворной работы его института, имеющего по преимуществу экспериментальную направленность своих физико-технических работ, необходимы молодые физики-теоретики, функционально и структурно объединенные в один теоретический отдел, возглавляемый крупным физиком [1, 9]. Так Л. Ландау с 1932 года на целых пять лет стал заведующим теоретическим отделом УФТИ. С этого времени он своей активной научной, организационной и педагогической деятельностью стал превращать УФТИ (да и сам г. Харьков) в ведущий отечественный и мировой центр теоретической физики. Добавим к этому то, что именно в УФТИ в 1932 году произошло знаменательное для всех физиков бывшего СССР событие огромного научного значения: здесь впервые в нашей стране и одними из первых в Европе (после английских физиков Кембриджского университета) советскими физиками был осуществлен известный физический эксперимент по расщеплению ядра лития искусственно ускоренными заряженными элементарными частицами. Ускорение этих частиц (протонов) было осуществлено с помощью созданных в УФТИ новых мощных высоковольтных установок мегавольтного диапазона. Такие высоковольтные ускорители в УФТИ были построены под научным руководством известных харьковских физи-

ков, академиков АН УССР Антона Карловича Вальтера и Кирилла Дмитриевича Синельникова [9, 10]. Подчеркнем здесь то, что под непосредственным научным руководством К.Д. Синельникова в УФТИ в 30-х годах были разработаны не уступающие зарубежным аналогам первые отечественные высоковакуумные диффузионные паромасляные насосы [9]. Кстати, этот тип мощных харьковских вакуумных насосов был успешно использован в 40-х годах прошлого столетия в рамках атомного проекта бывшего СССР в составе разделительных комплексов, предназначенных для выделения и накопления в вакууме "ядерной взрывчатки" – редкого и делящегося медленными нейтронами изотопа урана $^{235}_{92}\text{U}$ [9].

Низкотемпературные исследования. В УФТИ, когда там появился Л. Ландау, уже проводились интенсивные экспериментальные исследования в области физики низких температур. Научным руководителем этих работ был известный ученый Лев Васильевич Шубников [1, 9]. С ним у Л. Ландау сложились тесные плодотворные научно-производственные и дружеские отношения. Нашего физика-теоретика Дау очень заинтересовала низкотемпературная тематика УФТИ, связанная со сверхпроводимостью, сверхпроводящими сплавами, магнитными свойствами веществ вблизи абсолютного нуля. Заметим, что к этому времени Л.В. Шубников уже активно потрудился в мировом низкотемпературном центре, каким являлся Лейденский университет (Голландия). После возвращения из-за границы в УФТИ он создал и оснастил необходимой техникой единственную тогда в бывшем СССР криогенную лабораторию. Еще в г. Лейдене (кстати, в том городе, где в 1746 году голландским физиком Мушенбреком был изобретен и создан первый в мире цилиндрический накопитель (аккумулятор) электричества – знаменитая "лейденская банка" [10, 11]) Л.В. Шубников стал физиком-экспериментатором мирового класса. Свидетельством тому является открытое там им совместно с голландским физиком де Гаазе явление, которое потом назвали "эффектом Шубникова-де Газа" [8]. Суть этого эффекта заключается в неожиданном (осциллирующем) поведении электрического сопротивления металлов в сильном магнитном поле при низких температурах [1, 8]. Позже стало ясно, что это было первое открытие физиками-экспериментаторами чисто квантового эффекта в твердом теле, обусловленного квантованием энергетических уровней электронов металла в магнитном поле. Это была экспериментальная "картина микромира", нарисованная открытым героем нашего очерка теоретически в 1930 году "диамагнетизмом Ландау". Так удивительно интересно пересеклись, сами того не ведая, научные пути двух будущих сотрудников УФТИ, настоящих ученых и друзей Л.В. Шубникова и Л.Д. Ландау. Сегодня "эффект Шубникова-де Гааза" это универсальное и действенное средство для исследования процессов, протекающих в металлах, сплавах и некоторых видах полупроводников при криогенных температурах [8, 10]. Следующее важное открытие Л.В. Шубников сделал уже работая в УФТИ. Им было установлено, что магнитные свойства сверхпроводящих сплавов радикально отличаются от магнитных свойств сверхпроводящих чистых металлов. Тем самым он открыл сверхпроводники 2-го рода [8]. Долгие годы профессор Л.В. Шубников был заведующим кафедрой "Физики твердого тела" Харьковского университета имени В.Н. Каразина. Как жаль,

что в 1937 году этот известный харьковский ученый в разгул сталинских репрессий был арестован и в 1938 году погиб в застенках НКВД [9].

Явление сверхпроводимости занимало Л. Ландау как в харьковский период его работы, так и после. Но именно при работе в УФТИ возник у него глубокий научный интерес к поведению вещества при низких температурах. Из 17-ти опубликованных за время работы в УФТИ научных статей на разные физические темы четыре приходится на низкотемпературную проблематику [1, 5, 6]. Основные научные публикации Л.Д. Ландау в период пребывания его в г. Харькове были посвящены теории фазовых переходов второго рода, исследованию кинетического уравнения при кулоновском взаимодействии элементарных частиц и теории промежуточного состояния в сверхпроводимости [2, 5, 6]. Эти работы Л.Д. Ландау и его учеников сделали в то время УФТИ и г. Харьков в целом ведущим научным центром теоретической физики в бывшем СССР. В 1934 году в УФТИ проходила международная конференция по теоретической физике, в работе которой принял участие великий датский физик-теоретик Н. Бор [1, 2, 12]. В ее организации и успешном проведении деятельное участие принял его ученик Л. Ландау. Он часто говорил [1, 2]: "...Бор – единственный мой учитель".

Начало научной школы теоретической физики. Именно в г. Харькове произошло рождение знаменитой научной школы Ландау. Именно здесь его совсем молодого Учителя (в возрасте 24 лет) благодарные Ученики и коллеги стали часто называть просто Дау. Это краткое имя нравилось и ему самому. Своим друзьям он в виде шутки объяснял, что если его фамилию прочитать по-французски, то получится "Landau – L'âne Dau", то есть "осел Дау" [1]. Л.Д. Ландау был прирожденным Учителем и Просветителем. Эта школа, как любой живой организм, эволюционировала, развивалась и менялась во времени. Она после своего харьковского рождения в 1932 году и переезда Л.Д. Ландау с УФТИ в 1937 году на работу в Институт физических проблем (ИФП) АН СССР достигла в г. Москве своего полного расцвета. Он был крайне озабочен созданием системы обучения и подготовки отечественных физиков, охватывающей все сверху донизу уровни образования. Его ученик, известный советский физик-теоретик А.С. Компанец в свое время сказал [1]: "...Л.Д. Ландау разработал строго продуманную систему научного воспитания. Ни одно звено интеллектуального роста ученого, начиная со скамьи в средней школе и до кресла академика, не было оставлено Ландау без внимания". Отсюда в г. Харькове у Л. Ландау возникла задумка и острая необходимость в создании собственного курса теоретической физики, охватывающего все разделы физики, и курса общей физики. Написать такие курсы в одиночку Л. Ландау не мог. Он был прекрасным докладчиком по физическим вопросам, но ему было крайне трудно излагать научные работы в письменном виде, то есть в области эпистолярного творчества он был, мягко говоря, не силен [2]. Среди молодых одаренных физиков с широким охватом проблем и задач теоретической физики в те годы в г. Харькове оказался Евгений Михайлович Лифшиц, который обладал к тому же исключительной способностью к литературному изложению физической тематики. Дальнейшие события показали, что Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц прекрасно дополняли друг друга в ра-

боте над задуманным курсом теоретической физики. Его первым томом была "Статистическая физика" (1938 год), второй том "Механика" появился в 1940 году, третьим томом была "Теория поля" (1941 год), четвертый том "Гидродинамика" и пятый том "Теория упругости" были изданы в 1944 году, шестой том "Квантовая механика" вышел в 1948 году, а седьмой том "Электродинамика сплошных сред" – в 1956 году. Это были прижизненные для Л.Д. Ландау издания томов фактически его курса теоретической физики, за которые в 1962 году он и Е.М. Лифшиц получили Ленинскую премию. Здесь необходимо указать то, что без Е.М. Лифшица такой всемирно известный курс физики не появился бы на свет. Его большой заслугой стало то, что в создаваемый курс он как физик высокого класса внес много своих научных идей и затратил много самоотверженного труда, добиваясь ясности, краткости и точности изложения сложнейших физических проблем и задач [1]. Авторы предполагали в дальнейшем написать еще два тома: "Физическая кинетика" и "Квантовая электродинамика" (одним из рабочих вариантов названия этого тома была "Релятивистская квантовая теория" [2]). Тяжелая автомобильная авария в 1962 году с участием нашего героя и преждевременная смерть Л.Д. Ландау в 1968 году помешали данному творческому замыслу. Эти тома уже без участия Л.Д. Ландау были подготовлены и изданы его учениками: Е.М. Лифшицем и Львом Петровичем Питаевским соответственно в 1979 и 1980 годах ("Квантовая электродинамика" совместно с В.Б. Берестецким). Кроме того, в 1978 году ими же была издана вторая часть "Статистической физики". Поэтому сейчас весь этот уникальный курс теоретической физики, переведенный на девять основных языков населения земного шара, состоит из десяти томов. Этот курс приобрел всемирную известность и популярность. В настоящее время по нему учатся во всем мире, он стал настольными книгами научных сотрудников, работающих не только в самой теоретической физике, но и в смежных с ней областях научных физических знаний.

К этому времени пребывания Л. Ландау в г. Харькове относится и его педагогическая работа в Харьковском химико-технологическом институте (ХХТИ) на кафедре физики [12]. Как известно, ХХТИ был образован в 1930 году на базе Харьковского технологического института (ХТИ), основанного в 1885 году [13]. В том же 1930 году на основе ХТИ были созданы известные в нашем городе Харьковский механико-машиностроительный институт (ХММИ) и Харьковский электротехнический институт (ХЭТИ), просуществовавшие до 1950 года, когда снова все они вместе объединились в один Харьковский политехнический институт (ХПИ). Со временем корректировалось и название ставшего родным автору этого очерка крупнейшего и престижнейшего вуза страны ХПИ. Ныне наш ХПИ называется Национальный технический университет "ХПИ". С 1935 года Л.Д. Ландау стал заведовать до своего отъезда в г. Москву кафедрой "Общей физики" и преподавать физику в Харьковском университете имени В.Н. Каразина.

Теоретический семинар. Возвращаясь к тридцатым годам ушедшего века, отметим, что в период напряженной научной работы Л. Ландау в г. Харькове он вел в УФТИ два теоретических семинара: один для физиков-экспериментаторов, а другой для физиков-теоретиков. Впоследствии ему пришлось ограничить-

ся только подготовкой теоретиков. Он очень серьезно относился к семинару: готовился к нему, подбирал и продумывал темы докладов совершенно из разных областей физики. С этого, видимо, и стал складываться его физический универсализм. Докладывание на семинаре вменялось в святой долг всех его учеников и физиков УФТИ. При этом единственным, кто не докладывал на семинаре, был сам Л. Ландау. Он выступал здесь в роли Учителя, который слушал, поправлял и направлял своих учеников. Здесь была его школа, где он учил своих Учеников физическому восприятию, правильному подходу и физическому мышлению. Семинар для него был всегда напряженной работой, сам Л. Ландау был наиболее активным его участником. Проводя эти семинары, он сам много получал от них: таким путем он узнавал новости в физике "на слух", не читая монографий и журнальных статей. На мой взгляд, это своеобразное пополнение своего научного "багажа" жидилось, наверное, на экономии Л. Ландау своего времени и его нежелании личной работы с научной литературой. На деле получалось что-то погуще на научно обоснованный жизненный компромисс: я Вас "зеленые" учу физике, а Вы мне приносите мировые "физические новости". Поэтому, если говорить без идеализации о личности Л.Д. Ландау то, наверное, многое в его научно-педагогической деятельности реально основывалось, как и реально в жизни, на взаимной выгоде Учителя и Учеников. Обе стороны выигрывали и научно обогащались. Посещавшие эти семинары иностранные физики были в удивлении и ошеломлении: нигде в мире семинаров одновременно по всей теоретической физике не было. Семинар традиционно начинался с прамбулы Л. Ландау [1]: "...Автор обычно бывает прав". Этой фразой Дау задавал изначальную доброжелательность к докладчику. Автору доклада необходимо было отчетливо понимать работу, то есть понимать то, что рассказываешь. Ему надо было надлежащим образом "подать" работу и донести до слушателя ее основное содержание, не слишком затрудняясь при ответах на постоянно перебивавшие его доклад реплики и вопросы. Не всем докладчикам удавалось рассказать и доказать ценность и новизну даже своей собственной научной работы. В этом случае его просто прогоняли от доски без всякой жалости. Эта жесткая процедура по отношению к Ученикам отражала лишь очень серьезное и весьма требовательное личное отношение их Учителя Л.Д. Ландау к физике.

Теоретический минимум. Во время работы в УФТИ у Л. Ландау в рамках подготовки классных молодых физиков возникла идея разработки и создания теоретического минимума по физике. Он им был подготовлен и назван "Программа теоретического минимума для старших научных сотрудников УФТИ". Данная программа, прежде всего, отличалась своей широтой, универсальностью и уникальностью. При сдаче этого специального теоретического минимума его ученики окунались во всю теоретическую физику, как в нечто единое и целое. Л.Д. Ландау воспитывал и формировал физиков-теоретиков широкого профиля, способных заниматься различными вопросами и без особых затруднений умеющих переходить из одной области физики в другую [1]. Независимо от будущей физической специализации каждый из его учеников должен был овладеть установленным Л.Д. Ландау теоретическим минимумом физических знаний и умением пользоваться этими знаниями. В свое время его верный ученик и

близкий друг Е.М. Лифшиц об этом подходе своего Учителя написал [1]: "...Разумеется, он не требовал ни от кого быть универсалом в той же степени, в которой он был сам. Но здесь проявлялось его убеждение в целостности теоретической физики как единой науки с едиными методами". Выучить весь теоретический минимум было очень трудно. Он принципиально отличался от соответствующего кандидатского минимума. Если в последнем случае сдавался просто спецпредмет, то в первом – вся теоретическая физика плюс математика в том виде, которая потребна для физика-теоретика. Первыми были два экзамена по спецматематике, а затем семь экзаменов по физике: механике, теории поля, квантовой механике, статистической физике, электродинамике сплошных сред, макроскопической электродинамике и релятивистской квантовой теории. Для изучения и подготовки этих дисциплин соискателю надо было пожертвовать несколькими годами своей жизни. Тот, кто сдавал теорминимум Л.Д. Ландау, ничего для себя непосредственно не приобретал, до поры до времени ничего в его официальном положении не менялось. Первым сдал этот теоретический минимум в 1933 году А.С. Компанеец. Всего за период с 1933 по 1961 годы этот минимум сдали Дау только 43 физика [1, 2]. Л.Д. Ландау вел строгий учет лиц, сдавших определенную часть или весь этот теоретический минимум. Непосредственно на его сдачу уходило от двух с "хвостиком" месяцев (как у лучшего ученика Дау, будущего академика АН СССР Исаака Яковлевича Померанчука) до нескольких лет у других. Весь трудоемкий процесс по сдаче и приему лично Л.Д. Ландау этого теоретического минимума строился на чистом энтузиазме. Для Дау эти экзамены приносили определенные практические результаты: таким путем происходило своего рода воспроизводство его учеников, из которых он находил и отбирал для последующих совместных работ наиболее талантливых и близких себе по духу физиков-теоретиков. В связи с этим в свое время Л.Д. Ландау говорил [1]: "...Никаких взаимных обязательств ни на кого сдача этих экзаменов не накладывает. Разве лишь на меня. Если я замечу способного юношу, то я считаю своим долгом помочь ему войти в науку". Да, наверное, для сдавших этот трудный теорминимум моральным выигрышем было самоуважение и самоутверждение. "...Этим ученикам Ландау щедро отдавал свое время и давал им большую свободу в выборе темы, и их работы публиковались под их именами" – писал очевидец этого уникального учебно-научного процесса выдающийся советский физик-экспериментатор XX века, академик АН СССР Петр Леонидович Капица [2, 14].

3. МОСКОВСКИЙ ПЕРИОД НАУЧНОЙ РАБОТЫ

В 1935 году в г. Москве П.Л. Капицей по постановлению советского правительства от 28 декабря 1934 года был фактически создан ИФП АН СССР [2, 14]. В этот новый институт физики, становление и насыщение необходимым научным оборудованием которого происходило в течение нескольких последующих лет, в начале 1937 года из УФТИ на работу приехал Л.Д. Ландау, а через год – его ближайший ученик и соавтор по учебному курсу теоретической физики Е.М. Лифшиц. Инициатором такого переезда Л.Д. Ландау был П.Л. Капица. Здесь Л.Д. Ландау вначале организовал и возглавил отдел теоретической физики. Затем организовал по четвергам еженедель-

ные общемосковские семинары по теоретической физике. В ИФП АН СССР Л.Д. Ландау окончательно нашел свой дом. Сюда из г. Харькова в 1937 году переехала его будущая жена Кора Дробанцева, инженер-технолог Харьковской кондитерской фабрики. Красота харьковчанки покорила его сердце и он влюбился в нее, что называется "по уши". В 1946 году у них родился сын Игорь, который стал в будущем физиком-экспериментатором. В 1937 году Л.Д. Ландау опубликовал свою фундаментальную теоретическую работу "К теории фазовых переходов", послужившую важным звеном в «цепи» задач квантовой физики конденсированного состояния [1, 2]. В ней он пишет [1, 6]: "...В точке фазового перехода I-рода находятся в равновесии тела в двух различных состояниях, а в точке фазового перехода II-рода состояния обеих фаз совпадают. Фазовые переходы II-рода всегда связаны с появлением у тела какого-либо нового качественного свойства при непрерывном изменении состояния. Это может быть какое-то свойство, связанное с магнитными свойствами вещества, это может быть появление так называемой сверхпроводимости – исчезновение электрического сопротивления". Заметим, что фазовым переходом II-рода называется превращение вещества, которое не связано с выделением или поглощением теплоты, как это происходит при фазовых переходах I-рода [15]. В том же 1937 году Л.Д. Ландау публикует важную для будущего объяснения парадоксов конденсированных состояний вещества (в частности, жидкого гелия) статью "К статистической теории ядер" [1, 6]. В ней он впервые в ядерной и квантовой физике формулирует идею об "квантовых жидкостях" ядер атомов и соответственно вещества в целом. Здесь лучше привести слова самого Л.Д. Ландау [1, 6]: "...Если учитывать взаимодействие частиц в ядре, то, конечно, нет никаких оснований рассматривать ядро как "твердое тело", то есть как "кристалл", а следует рассматривать его как "жидкую каплю" из протонов и нейтронов. В отличие от обычных жидкостей в этой жидкости существенную роль играют квантовые эффекты, так как квантовая неопределенность координат частиц внутри ядра значительно больше, чем их взаимные расстояния. Несмотря на то, что мы еще не имеем метода для теоретического исследования "квантовых жидкостей", можно все же вывести некоторые свойства ядер, применяя к ним статистические соображения".

На мой взгляд, для нас – электрофизиков (электротехников) и всех тех, кто поверхностно знаком с волновой механикой, последняя прямая речь мэтра теоретической физики в силу своей дальнейшей важности для понимания квантовых эффектов в конденсированных состояниях вещества и завуалированного обобщенного указания на критерии и область применимости законов классической и квантовой физики нуждается в определенном разъяснении. Выдающийся немецкий физик-теоретик Вернер Гейзенберг в 1925 году сформулировал основополагающий принцип квантовой механики, вошедший в квантовую физику как принцип неопределенности Гейзенберга [4, 8]. Математически этот принцип неопределенности квантовой физики для сопряженных переменных "импульс – координата" объекта микромира массой покоя m_0 , имеющего возможность двигаться, например, в декартовой системе координат только в направлении продольной оси OZ трехмерного про-

странства, может быть записан в следующем виде [8]:

$$\Delta p_{0z} \cdot \Delta z_0 \geq h/4\pi, \quad (1)$$

где $\Delta p_{0z} = m_0 \cdot \Delta v_{0z}$, Δz_0 – соответственно неопределенности в определении проекции импульса p (количества движения) объекта микромира на ось OZ и его пространственной координаты z ; Δv_{0z} – неопределенность скорости объекта микромира вдоль оси OZ ; $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка.

Наличие в (1) или ином математическом выражении знаменитого числа h указывает на то, что описываемые ими процессы и явления относятся к обширному "квантовому царству". Чуть раньше в 1924 году выдающийся французский физик-теоретик Луи де Бройль математически связал корпускулярные характеристики нерелятивистского электрона с длиной его волны λ_e и получил следующее знаменитое соотношение [8, 15]:

$$\lambda_e = h / m_e \cdot v_e, \quad (2)$$

где m_e , v_e – соответственно масса покоя и скорость электрона, равная групповой скорости электронных волн де Бройля.

Позже стало ясно, что формула (2) справедлива для всех представителей микромира, включая протоны, нейтроны, атомы и другие их микрообъекты. Формально соотношения (1) и (2) весьма математически похожи друг на друга при всем их физическом отличии. Тем не менее, они оба дают нам возможность численно оценить квантовые дуалистические характеристики объектов микромира. Пока на основании (1) и (2) качественно можно сказать одно: когда длина волны объекта микромира (или неопределенность его координат) намного меньше интересующих нас для рассматриваемого физического процесса геометрических размеров макрообъекта, то квантовые свойства макрообъекта по существу не проявляются и для описания этого физического процесса годится классическая физика. Когда же длина волны объекта микромира (или неопределенность его координат) становится сравнимой с указанными геометрическими размерами макрообъекта, то при описании рассматриваемого физического процесса в свои права вступает квантовая физика. При комнатной температуре в 293,16 К из-за сравнительно больших значений скоростей микрообъектов в веществе (или их неопределенности) квантовая природа физических процессов для макрообъекта обычно выявиться не может. При низких же температурах, когда тепловое движение атомов вещества (макрообъекта) достаточно мало (атомы "замирают"), начинает проявляться квантовая природа этих процессов. Например, для "квантовой жидкости", состоящей из атомов изотопа гелия ${}^4_2\text{He}$ вблизи абсолютного нуля температуры, находящаяся в жидком конденсированном состоянии, согласно формуле (1) при $m_0 = 6,647 \cdot 10^{-27}$ кг [8, 15] и скажем $\Delta v_{0z} = 0,1$ м/с (при комнатной температуре неопределенность скорости атомов газообразного гелия может составлять порядка 10^3 м/с [16]) получаем, что неопределенность их продольной координаты Δz_0 оказывается равной не менее 79 нм. Что касается длины волны атома гелия, то при указанных выше условиях она на основании (2) составляет около 1 мкм. В результате приведенных приближенных оценок становится ясным, что квантовая неопределенность коор-

динат атомов гелия принимает значения, существенно превышающие взаимные расстояния между ними. Теперь мы видим, что при изучении физических процессов в жидком гелии при криогенных температурах вблизи абсолютного нуля необходимо исходить из положений квантовой физики.

П.Л. Капица, как директор ИФП АН СССР, с самого начала достаточно четко сформулировал основные принципы работы и жизнедеятельности нового академического института: заниматься только большой наукой, которая изучает основные явления Природы и ведет к их глубокому пониманию и познанию ее сущности [1]. *"В большой науке значительных успехов может добиться только глубоко творчески одаренный и творчески относящийся к своей работе человек. Хотя путь науки предопределен, но движение по этому пути обеспечивается только работами очень небольшого числа исключительно одаренных людей. Поэтому ядро института безусловно можно образовать из небольшого коллектива очень тщательно подобранных научных работников. Это ядро должно всецело отдаваться научной работе"* – говорил в то время П.Л. Капица [1, 2]. По моему мнению, это важное высказывание глубокого смыслового значения не потеряло своей актуальности и для сегодняшнего дня и для современных условий функционирования научных учреждений в любой стране мира. В рамках системного подхода к вопросам разумной организации и повышения эффективности проводимых научных исследований П.Л. Капица организовал проведение в своем институте научного физического семинара (знаменитого "капичника"). Л.Д. Ландау был активным участником этого физсеминара и неизменно в аудитории сидел в первом ряду. На первых же семинарах П.Л. Капица, научной сферой деятельности которого в ИФП АН СССР в те годы стала физика и техника низких температур [14], поведал своим слушателям об удивительных свойствах жидкого гелия-II, в частности, о чрезвычайно больших значениях его теплопроводности при протекании в тонких трубках (капиллярах), обнаруженных голландскими физиками из Лейденского университета, отцом Виллемом Гендриком Кеезомом и его дочерью [1, 2]. Показатели его теплопроводности значительно превышали (в сотни раз) соответствующие данные для лучших металлических проводников тепла – меди Cu и серебра Ag . Для ясности и лучшего понимания указанного выше напомним, что под теплопроводностью вещества понимается специфический процесс распространения (переноса) в нем тепла [8]. Причем, в твердом слабопроводящем электричество теле (например, диэлектрике) за счет относительно слабых колебаний его весьма жестко закрепленных атомов (молекул) и относительно малого числа вызываемых ими фононов (звуковых квантов энергии или квантов упругих колебаний [5]) идет медленный процесс взаимной передачи тепловой энергии от соседних атомов (молекул) друг другу в направлении от его локальных объемов с большей температурой в сторону его объемов с меньшей температурой. В металлах же тепло переносится как колебательным взаимосвязанным движением их ионов, жестко расположенных в узлах кристаллической решетки, так и свободными электронами, "снующими" со скоростью порядка 10^6 м/с между ионами узлов их решетки, движущихся со скоростью порядка 10^3 м/с, и обеспечивающими относительный рост числа фононов, распространяющихся в межатомном пространстве металла со скоростью звука

[15]. В жидкости же нет строго закрепленных для ее атомов (молекул) положений. Возможность течения ее слоев друг относительно друга приводит к такому виду теплопередачи в ней как конвективный перенос тепла. Напомним читателю и то, что согласно современным физическим данным при нормальном атмосферном давлении точка ожижения изотопа гелия ${}^4_2\text{He}$ составляет 4,22 К [2, 15]. Этот жидкий гелий характеризуется нормальным состоянием и называется гелий-I [2, 15]. Гелий-I представляет собой трудно видимую прозрачную кипящую жидкость, удельный вес которой примерно в семь раз меньше воды [2]. Падающий на него узкий луч дневного света уже заставляет его кипеть. Поэтому для защиты его от окружающего тепла, сосуд Дьюара, в котором находится жидкий гелий-I, окружают двумя концентрично расположенными рядами вакуумных (дьюаровых) оболочек, между которыми, обычно, заливают жидкий воздух с температурой всего в 132 К [2]. При критической температуре 2,19 К в жидком гелии-I происходят фазовые изменения и он переходит в состояние, называемое гелий-II. Второе состояние жидкого гелия резко отличается от первого. Это обнаружил опять же в Лейденском университете на кафедре экспериментальной физики еще "отец" криотехники, выдающийся голландский физик, лауреат Нобелевской премии по физике Гейке Камерлинг-Оннес (этой премией он был награжден за великое открытие в 1911 году явления сверхпроводимости металлов), который в 1908 году (именно в год рождения Л. Ландау) первым в мире после больших трудов ожил гелий [2, 10]. Титанические 18-летние усилия Г. Камерлинг-Оннеса по доведению жидкого гелия-II до твердого состояния, закончившиеся с его смертью в 1926 году, не увенчались успехом. Вплоть до рекордно низкой на то время температуры в 0,83 К, достигнутой Г. Камерлинг-Оннесом, жидкий гелий-II оставался жидкостью.

Учитывая свои научные интересы, П.Л. Капица не мог пройти мимо таких интригующих и завораживающих ум ученого фактов. С этого времени (с начала 1937 года) он начинает свою серию изящных экспериментов по изучению свойств жидкого гелия. Эти эксперименты П.Л. Капицы завершились открытием им в 1937 году явления сверхтекучести гелия-II [2, 17]. Еще три года ушло на тщательные исследования поведения жидкого гелия в различных ситуациях [2, 18]. Им было показано, что вязкость жидкого гелия-II при его протекании через тонкие щели (шириной порядка полмикрона) была, по крайней мере, в тысячу раз меньше тех значений, которые определили до него канадские ученые из г. Торонто методом вращения металлического цилиндра в исследуемой жидкости [2, 19]. Кроме того, П.Л. Капице удалось установить, что вязкость жидкого гелия-II в пределах точности тогдашних измерений отличается от вязкости воды не менее чем в миллиард раз. Он писал [2, 17]: *"...Жидкий гелий-II обладает вязкостью, по крайней мере, в 10000 раз меньшей, чем водород в газообразном состоянии при самой низкой температуре, при которой его вязкость имеет наименьшее значение. Как известно, вязкость газообразного водорода считалась наименьшей измеренной вязкостью, известной для какой-либо текучей среды. Мне кажется, что этого предела уже достаточно, чтобы по сравнению с явлением сверхпроводимости считать, что жидкий гелий ниже лямбда-точки принимает особую моди-*

фикацию, которую ввиду ее исключительно малой вязкости можно было бы назвать сверхтекучей". Отметим, что вязкость это свойство жидкости (газа) сопротивляться движению (она измеряется вискозиметром [2]). Она обусловлена внутренним трением между слоями жидкости (газа) [15]. Именно вязкость и определяет в нашем случае текучесть жидкого гелия-II. Согласно современным данным динамический коэффициент вязкости η у гелия-II меньше величины 10^{-12} Па·с, а у гелия-I вблизи температуры 4,22 К этот коэффициент имеет значение порядка 10^{-6} Па·с [15]. Многочисленные попытки отечественных и зарубежных ученых по физическому объяснению удивительного (парадоксального) поведения жидкого гелия-II и теоретическому построению его возможных физико-математических моделей в течение долгого времени успеха не имели. Тем не менее, в 1978 году (после построения другими учеными общепризнанных в научном мире квантовых теорий сверхтекучести и сверхпроводимости) П.Л. Капице за "фундаментальные изобретения и открытия в области низких температур" была присуждена Нобелевская премия по физике. Что касается теории сверхтекучести, то о ней весьма детальный разговор у нас будет чуть дальше в разделе 4, а вот теория сверхпроводимости была разработана лишь в 1957 году Дж. Бардином, Л. Купером и Дж. Шриффером [2, 20]. Как теперь известно, квантовомеханическая теория явления сверхпроводимости рассматривает его (это явление) как сверхтекучесть электронов в металле с присущим сверхтекучести отсутствием какого-либо трения. Свободные электроны или электроны проводимости движутся в сверхпроводнике беспрепятственно, то есть без "трения" об положительные ионы узлов кристаллической решетки металлического сверхпроводника (без изменения их энергии при столкновении с узлами решетки) [15, 20]. Основной квантовой особенностью сверхпроводника является то, что в нем возникает взаимное притяжение отрицательно заряженных электронов проводимости с образованием электронных пар. Причем, важнейшим свойством связанного в пары "коллектива" (облака) свободных электронов является невозможность обмена энергией между этими электронами и кристаллической решеткой металла малыми порциями, меньшими чем энергия связи пары электронов [15, 20, 21]. Поэтому в сверхпроводящем состоянии металла и не происходит рассеяния электронных волн де Бройля на тепловых колебаниях его кристаллической решетки или на включенных в его состав примесей [15]. А раз в металле нет потерь энергии дрейфующих свободных электронов под действием напряженности внешнего электрического поля, обусловленной приложенным к нему с его противоположных концов электрическим напряжением, то в нем нет и электрического сопротивления.

Итак, наступило лето 1941 года. ИФП АН СССР по решению Госкомитета обороны страны эвакуировали в г. Казань. Там Л.Д. Ландау до 1943 года отдавал все свои силы оборонной тематике: он выполнял расчеты многочисленных физических процессов, определяющих боеспособность вооружения и военной техники [1]. С 1943 года он возвращается в г. Москву в родной институт и продолжает работы оборонного профиля. В 1945 году после окончания Второй мировой войны Л.Д. Ландау в журнале "Доклады АН СССР" публикует сразу три научные статьи, посвященные военной проблематике и направленные на

описание процессов при детонации химических взрывчатых веществ [1, 6]. В 1946 году Л.Д. Ландау был сразу избран действительным членом АН СССР.

Еще летом 1934 года Л.Ландау, работая в харьковском УФТИ, относительно возможного использования атомной энергии имел свое мнение и считал [1]: *"...Существуют ядерные реакции, при которых освобождается энергия, но мы можем вызвать их только бомбардировкой заряженными частицами. Однако большинство заряженных частиц, проходя сквозь вещество, замедляется раньше, чем успевает понасть в ядро, поэтому приходится затрачивать гораздо больше энергии, чем получается при такой реакции. Не замедляясь, пролетают сквозь вещество нейтроны, но пока есть только один способ получать нейтроны – бомбардировкой заряженными частицами, то есть мы опять приходим к тем же трудностям. Но если когда-нибудь и кто-нибудь откроет реакцию, при которой нейтроны будут высвобождаться и вторичные нейтроны, и энергию, то тогда, считайте, дело будет в "шляпе"*". Сказал это Л. Ландау спустя два года после открытия в 1932 году английским физиком Джеймсом Чэдвигом нейтрона [4] и фактически за пять лет до знаменитого открытия группой немецких в Германии и немецко-австрийских в Дании и Швеции физиков (Отто Ганом, Фрицем Штрассманом, Лизой Мейтнер и Отто Фришем) цепной ядерной реакции деления на два "осколка" ядра изотопа урана $^{235}_{92}\text{U}$ медленными нейтронами [22].

После практического использования этой сопровождающейся выделением огромного количества энергии цепной ядерной реакции во взорванных атомных бомбах в июле (в США) и августе (в Японии) 1945 года [23] Л.Д. Ландау был привлечен к выполнению ряда спецзаданий для советского атомного проекта. Кстати, в комплексе работ СССР того времени по созданию ядерного оружия, научным руководителем которых был выдающийся советский физик-ядерщик, академик АН СССР Игорь Васильевич Курчатов, принимало участие большинство крупнейших физиков советской страны [1, 10]. Л.Д. Ландау в эти работы внес большой вклад при создании математических моделей указанных физических процессов микромира, сопровождающих такие ядерные реакции на различных стадиях их протекания. За эти работы он в январе 1954 года стал Героем Труда. Ему трижды присуждались Государственные премии (в 1946, 1949 и 1953 годах) и один раз Ленинская премия (1962 год). Был дважды награжден орденом Ленина и имел ряд других орденов. В стенах ИФП АН СССР к Л.Д. Ландау пришло и широкое международное признание его научного вклада в теоретическую физику: он был избран иностранным членом Лондонского Королевского общества, Национальной Академии наук США, Датской и Нидерландской Академий наук. Ему за научные заслуги были присуждены медали имени Макса Планка (Германия, 1961 год) и Фрица Лондона (США, 1961 год). И, наконец, в 1962 году Л.Д. Ландау была присуждена Нобелевская премия по физике. При вручении в г. Стокгольме (Швеция) этой премии в официальной формулировке Нобелевского комитета содержались такие слова: *"...За пионерские исследования в теории конденсированного состояния материи, в особенности жидкого гелия"*.

4. КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ СВЕРХТЕКУЧЕСТИ ГЕЛИЯ – ЛУЧШАЯ И ГЛАВНАЯ НАУЧНАЯ РАБОТА ЛАНДАУ

Л.Д. Ландау всегда интересовался различными физическими превращениями вещества или его фазовыми переходами. Изучив накопленные к 1941 году П.Л. Капицей экспериментальные материалы по жидкому гелию, Л.Д. Ландау приступил к теоретическому раскрытию феномена жидкого гелия-II. До него к жидкому гелию применяли законы классической физики, которые вступали в противоречие с результатами экспериментов. Л.Д. Ландау с учетом опытных данных пришел к тому выводу, что в жидком гелии-II происходит фазовый переход II-рода, которому он посвятил не одну свою научную статью. Он вначале предположил, что в этом конденсированном состоянии жидкий гелий становится "квантовой жидкостью". Напомним читателю, что в соответствии с современными положениями квантовой физики "квантовая жидкость" – это система сильно взаимодействующих друг с другом тождественных частиц, не локализованных четко в пространстве [24]. Он считал, что в жидком гелии-I по мере понижения температуры и уменьшения амплитуды и частоты тепловых колебаний его атомов (по мере уменьшения их скорости) дебройлевская длина волны по соотношению (2) возрастает и становится при температуре 2,19 К сравнимой с расстоянием между атомами гелия. Парадокс здесь уже заключался в том, квантовым объектом становится коллектив микрочастиц, как это ранее было известно в квантовой механике [25], а весь жидкий гелий во всем своем макрообъеме. Вот почему он не обязан затвердевать даже при абсолютном нуле температуры. Вот почему безуспешными оказались ранее упомянутые нами опыты Г. Камерлинг-Оннеса по получению кристаллического гелия. Но какова физическая природа этого уникального явления, происходящего только с жидким гелием? Как это явление можно описать теоретически? Эти вопросы требовали неординарного подхода. Вот тут-то и проявилась глубина и гибкость ума Дау: создавая теорию сверхтекучести гелия-II, он обращается к понятию квазичастиц ("почти – частиц"), живущих не индивидуально каждая сама по себе, а принадлежащих всему коллективу и макрообъему вещества. В качестве этих квазичастиц он выбрал *фононы* (звуковые кванты энергии), отвечающие за потенциальное движение материи, и *ротоны* (квантованные элементарные возбудители), отвечающие за ее вихревое движение [1, 6]. С помощью совокупности данных квазичастиц Л. Ландау описал поведение нормальной компоненты жидкого гелия-II. Нормальная компонента движется с трением и участвует в переносе энергии. Введенная им сверхтекучая компонента соответствовала жидкому гелию-II без квазичастиц. Сверхтекучая компонента движется без трения и не участвует в переносе энергии в форме теплоты. Так к 1945 году родилась двухжидкостная модель жидкого гелия [6, 15]. С нормальной компонентой связан запас внутренней энергии в жидком гелии. Сверхтекучая компонента жидкого гелия-II не имеет запаса внутренней энергии и не обладает вязкостью. По мере нагревания жидкого гелия-II в нем растет число *фононов* и увеличивается доля его нормальной компоненты. Пока температура не достигнет 2,19 К в гелии-II будет присутствовать сверхтекучая компонента. При температуре 2,19 К сверхтекучая компонента исчезает и гелий-II превращается в гелий-I и все особые свойства жидкого гелия-II исчезают [6, 15]. Выполнен-

ные в 1945 году докторантом ИФП АН СССР Элевтером Андроникашвили тонкие опыты по определению нормальной и сверхтекучей частей массы жидкого гелия-II полностью подтвердили разработанную Л.Д. Ландау фундаментальную теорию жидкого гелия [1, 2]. Заметим, что эта теория была создана применительно к основному изотопу гелия ${}^4\text{He}$ с целым спином, то есть для "бозе-жидкости", подчиняющейся квантовой статистике Бозе-Эйнштейна [15, 22]. В 1958 году Л.Д. Ландау создал квантовую теорию конденсированной "ферми-жидкости", образованной редким изотопом гелия ${}^3\text{He}$, открытым в 1939 году [1, 8]. Этот изотоп гелия сжижается при более низкой температуре 3,2 К, имеет полуцелый спин и подчиняется квантовой статистике Ферми-Дирака [15, 22]. Сверхтекучим он становится при очень низкой температуре 0,001 К. Теория и эксперимент подтвердили, что квантовые свойства этих двух жидкостей, образованных изотопами гелия ${}^4\text{He}$ и ${}^3\text{He}$, совершенно различны. В настоящее время во всем мире занимаются изучением "квантовых жидкостей", в том числе и жидких растворов, содержащих указанные выше изотопы гелия. Теоретическое описание квантовых эффектов в макроскопических системах и конденсированных состояниях вещества является одним из главных достижений теоретической физики за последние десятилетия XX и начало XXI веков [24].

5. ОСОБЕННОСТИ ЛИЧНОСТИ ЛАНДАУ И ЛАНДАУ ВНЕ ФИЗИКИ

Л.Д. Ландау как человек был наделен странной особенностью: отлично владевший устной речью, он становился прямо-таки мучительно беспомощным в случае, когда ему надо было что-то написать (толи статью в редакцию журнала, толи ответное письмо молодому физику, толи отзыв на научную работу и др.) [1, 2]. Сам Дау о себе говорил следующее [1]: *"...Вы, возможно, слышали, что я совершенно не способен к какой-либо писательской деятельности и все, написанное мною, всегда связано с соавторами"*. Необходимость изложения в письменной форме даже своих собственных идей затрудняла и сковывала его. Он с огромными трудностями и внутренним сопротивлением пытался излагать на бумаге свои мысли. Е.М. Лифшиц вспоминал [1]: *"...Ему было нелегко написать даже статью с изложением собственной (без соавторов) научной работы и все такие статьи в течение многих лет писались для него другими. Непреодолимое стремление к лаконичности и четкости выражений заставляло его так долго подбирать каждую фразу, что в результате труд написания чего угодно становился для него мучительным"*. Как правило, "этими другими" был сам Е.М. Лифшиц. При этом Л.Д. Ландау не уставал повторять всем и каждому про творческие способности Е.М. Лифшица [1]: *"...Женя блестяще пишет"*.

Одной из особенностей научной работы Л.Д. Ландау, практически начиная с харьковского периода, было то, что он сам, как правило, не читал научной литературы [2]. Это делали его ученики и ему рассказывали об основных использованных идеях, методах и полученных результатах в том или ином научном литературном источнике. Из воспоминаний А.С. Компанейца [1]: *"...За тридцать лет, что я знал Ландау, я видел его с книгой только раз. Все, что надо, он усваивал «с голоса» учеников, в частности, во время их докладов на семинаре"*. Художественную

литературу, особенно историческую, он с удовольствием читал. В редких случаях знакомства с работами по физике его обычно интересовали идеи и результаты. Все остальное ему было не нужно, все остальное (авторская аргументация, рассуждения, математические выкладки, способ доказательства) его даже раздражало. Весь промежуточный в опубликованной работе физико-математический путь он проделывал сам и по-своему [1].

У Л. Ландау поразительным образом сочеталась быстрота реакции с осведомленностью и большой глубиной понимания физических вопросов по всей теоретической физике. Его ученики отмечали, что подобного они ни у кого не встречали [1]. Упомянутый нами уже не раз его ученик А.С. Компанеец так суммировал это наблюдение об удивительном даре Дау [1]: *"...Ландау знал все, потому, что его все интересовало. По-видимому, не скоро будет среди физиков-теоретиков ученый с такой обширной эрудицией. Живые творческие знания, соединенные с абсолютной ясностью понимания предмета во всех оттенках"*.

П.Л. Капица в свое время написал [2]: *"...Л.Д. Ландау всегда проявлял живой интерес к эксперименту. Он охотно знакомился с результатами опытов, их обсчитывал и обсуждал их теоретическое значение. В научной работе для него органически необходимым было выявление связей теории с экспериментом. Экспериментаторы, в свою очередь, очень любили обсуждать с Ландау свои результаты"*.

Первое впечатление в отношении людей и в отношении физических теорий было для Л.Д. Ландау очень важным. Неудача при знакомстве с ним, сказанная глупость от волнения, некомпетентность в области своих научных занятий обычно лишали человека дальнейшей возможности общения с Л.Д. Ландау. Иногда даже близких своих учеников он "отлучал от физики". Недаром бытует мнение о его жесткости в вопросах физики и так сказать "научной жесткости". "Отлучал" он не только за несостоятельность в области теоретической физики, но и за недостойное Человека поведение в жизни.

Л.Д. Ландау, как отмечают его биографы и близкие люди, были присущи две редкие черты [1, 2]. Первая – пуризм или сверхцеломудренное отношение к науке, когда не допустимы никакие вольности и домыслы в научной работе, а все предельно строго, чисто и доказательно. Вторая – своеобразный демократизм не только по отношению к людям, но и по отношению к самой физике. По его мнению, любая научно-техническая задача достойна того, чтобы ею заниматься. При этом должно быть только одно условие – любая работа должна быть выполнена на высоком уровне. Он органически не терпел лодырей. Был твердо убежден в том, что работать надо много, особенно молодежи. Если у него складывалось негативное мнение о каком-то сотруднике, то его он обычно уже не менял. Особенно остроумным Л. Ландау был в своих отрицательных оценках результатов труда некоторых ученых и самих этих ученых. Эти оригинальные оценки быстро становились известными многим, в том числе и объекту оценки и критики. Это усложняло для Л. Ландау взаимоотношения особенно с теми людьми, которые занимали достаточно высокие служебные положения в академической среде [2]. Он любил всякие "зооанalogии". Однажды ему сказали, что у известного английского зоолога Брема написано, что "Дау" называют особую породу диких ло-

шадей. Л. Ландау очень понравилось такое "родство". Одна из любимых его фраз [1]: "...Если Вы не будете работать, то у Вас вырастет хвост". Это был человек, любящий юмор. В УФТИ на дверях его кабинета техперсоналом по согласованию с ним и по инициативе его друзей была сделана оригинальная надпись [1]: "Л. Ландау. Осторожно – кусается".

"Кусачий" характер Л. Ландау явно проявлялся на теоретических семинарах. В дискуссиях и научных спорах он был горяч и резок, но не груб. Был остроумен и ироничен, но не едок. Его ум был остро критичен. Все это вместе с учетом глубины его физических подходов к обсуждаемым вопросам делало дискуссии с его участием столь привлекательными, интересными и полезными для научного дела. Е.М. Лифшиц писал [1]: "...Л.Д. Ландау был глубоко демократичен в научной и обыденной жизни. Ему всегда были полностью чужды напыщенность и чиновничество. За советом и критикой к нему мог обратиться каждый, вне зависимости от своих научных заслуг и званий". Он очень не любил в науке пустого умствования, бессодержательности и безрезультативности, прикрытых лишь наукообразными сложностями. Как крупному ученому ему была свойственна научная бескомпромиссность и принципиальность. По характеру Л. Ландау был задиракой, резким (многим казалось – резким до грубости), саркастичным и экстравагантным человеком [1]. Но вместе с тем, как пишет П.Л. Капица, "...за этой резкостью в суждениях, по существу, скрывался очень добрый и отзывчивый человек, всегда готовый помочь незаслуженно обиженному" [2]. С годами, как отмечают очевидцы [1, 2], его характер и манеры поведения становились несколько мягче. Он стал менее язвительным и менее воинственным в своих оценках научного продукта других физиков. Больше всего в людях он ценил доброту. Не любил слово "ученый". В связи с этим Л. Ландау говорил [1]: "...Ученым бывает тудель. А мы – научные работники". Он был широко образованным человеком: хорошо знал английский и немецкий языки, свободно читал по-французски. Он интересовался многими видами искусства (за исключением музыки). Его суждения в области политики всегда носили "либо белый, либо черный цвет". Полутона как здесь, так и вообще в его жизни полностью отсутствовали.

С момента печально известной тяжелой автомобильной аварии на обледеневшей дороге по пути из г. Москвы в подмосковный г. Дубна, происшедшей 7 января 1962 года, Л.Д. Ландау только формально продолжал в течение своих последних шести лет жизни выполнять обязанности заведующего теоретическим отделом ИФП АН СССР [2]. После случившегося с ним, он полностью не восстановился и в большую науку так больше и не вернулся. Скончался Л.Д. Ландау 1 апреля 1968 года после тяжелой операции на кишечнике [2]. Похоронен он в г. Москве.

* * *

Л.Д. Ландау был одним из самых выдающихся ученых XX столетия. Он сыграл большую роль в настоящем возрождении и становлении в бывшем СССР теоретической физики. В нем высокий уровень научного творчества органично сочетался с высокой требовательностью, принципиальностью, моральной высотой и высоким нравственным потенциалом. Это был настоящий Учитель и Просветитель, многому научивший своих благодарных Учеников. Это был живой, интересный и добрый человек с весьма своеобразным характером. Он был незаурядной и непо-

вторимой Личностью – знаменитым Дау. Он был одним из немногих после Энрико Ферми во всем мире физиков-универсалов. Широта его научного творчества была беспрецедентна, она охватывала всю теоретическую физику. Все свои силы и всю свою творческую жизнь он отдал служению отечественной Науке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ливанова А.М. Ландау.- М.: Знание, 1983. - 240 с.
- [2] Капица П.Л. Эксперимент. Теория. Практика/ Статьи, выступления.- М.: Наука, 1981. - 495 с.
- [3] Schrödinger E. Quantisierung als Eigenwertproblem// Annalen der Physik.-1926.-№79.-S.489-527; 1926.-№79.-S.734-757; 1926.-№80.-S.437-491; 1926.-№81.-S. 109-140.
- [4] Баранов М.И. Эрвин Шредингер и новые пути развития физической науки микромира // Электротехника і електромеханіка.-2006.-№4. - С. 5-15.
- [5] Ландау Л.Д. Собрание трудов / Под ред. Е.М. Лифшица. - Том 1.- М.: Наука, 1969. - 512 с.
- [6] Ландау Л.Д. Собрание трудов / Под ред. Е.М. Лифшица. - Том 2.- М.: Наука, 1969. - 450 с.
- [7] Большой иллюстрированный словарь иностранных слов. - М.: Русские словари, 2004.- 957 с.
- [8] Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики / Отв. ред. В.К. Тартаковский.- Киев: Наукова думка, 1989.-864с.
- [9] Коган В.С. "До" и "После".- Харьков: ННЦ "ХФТИ", 2004. - 97 с.
- [10] Кудрявцев П.С. Курс истории физики.- М.: Просвещение, 1974. - 312 с.
- [11] Баранов М.И. Ретроспектива исследований в области искусственного и атмосферного электричества и молниезащиты технических объектов // Электротехника і електромеханіка.-2006.-№5. - С. 5-13.
- [12] Кафедра общей і экспериментальной физики 1885-2005: очерк истории кафедры / Под общей ред. А.А. Мамалая.- Харьков: НТУ "ХПИ", 2005. – 52 с.
- [13] Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт": Фотоальбом / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, Г.В. ЛИСАЧУК, И.М. ШЕПТУН; Под общей ред. Л.Л. ТОВАЖНЯНСКОГО.- Харьков: НТУ "ХПИ", 2005. – 212 с.
- [14] Баранов М.И. Петр Леонидович Капица – основоположник техники сильных импульсных магнитных полей // Электротехника і електромеханіка.-2005.-№3. - С. 5-8.
- [15] Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике.- М.: Наука, 1990.-624с.
- [16] Кухлинг Х. Справочник по физике/ Пер. с нем. под ред. Е.М. Лейкина.- М.: Мир, 1982.-520с.
- [17] Капица П.Л. Вязкость жидкого гелия при температурах ниже лямбда-точки// Доклады АН СССР.-1938.-т.18.-С.21.
- [18] Капица П.Л. Исследование механизма теплопередачи в гелии-II // Журнал экспериментальной і теоретической физики.- 1941.-т.11.-№1. - С. 1.
- [19] Капица П.Л. Теплоперенос и сверхтекучесть гелия-II // Журнал экспериментальной і теоретической физики.- 1941.-т.11.-№6. - С. 58.
- [20] Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников.- М.: Наука, 1982. - 238 с.
- [21] Астафуров В.И., Бусев А.И. Строение вещества.- М.: Просвещение, 1977. - 160 с.
- [22] Баранов М.И. Энрико Ферми – один из основоположников квантовой статистики, электродинамики і ядерной энергетике // Электротехника і електромеханіка.-2007.-№1. - С. 5-12.
- [23] Сегре Э. Энрико Ферми – физик / Пер. с англ. под ред. акад. Б.М. Потекорво.- М.: Мир, 1973. – 324 с.
- [24] Займан Дж. М. Современная квантовая теория / Пер. с англ. под ред. В.Л. Бонч-Бруевича.- М.: Мир, 1971. - 288 с.
- [25] Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики/ Пер. с англ. под ред. акад. В.А. Фока.- М.: Наука, 1979.-480с.

Поступила 12.06.2007