

УДК 532.6:541.8

**НАУЧНАЯ И ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
Л.М. ЩЕРБАКОВА
(к 90-летию со дня рождения)**

В. М. Самсонов

Тверской государственный университет
кафедра теоретической физики

Представлены краткие биографические сведения о профессоре Л.М. Щербакове, критический обзор его основных научных работ и развитых в них концепций. Освещена педагогическая и методическая деятельность Л.М. Щербакова.

ключевые слова: межфазные явления, дисперсионные системы, термодинамическое равновесие, поверхностное натяжение, микрогетерогенные системы, наночастицы

**SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL ACTIVITY OF L. M.
SCHERBAKOV
(essays in honour of 90th birthday)**

V. M. Samsonov

Tver State University
Chair of Theoretical Physics

A short survey is given of the biography of Professor L. M. Scherbakov with a critical review of his main scientific works and developed concepts. His pedagogical and methodological activities are considered.

keywords: interphase phenomena, disperse systems, thermodynamical equilibrium, surface tension, microheterogeneous systems, nanoparticles

Введение. Первоначально у меня не было намерения писать такого рода обзорную статью. Я предполагал, что подготовлю краткий биографический очерк, открывающий журнал и написанный от имени редколлегии. Однако в процессе осуществления этого замысла выяснилось, что без моего анализа научного наследия Леонида Михайловича этот материал будет мало полезен. Не хотелось упускать повода для того, чтобы поделиться моими размышлениями, взглянув на давние работы Л.М. Щербакова с позиции дня сегодняшнего.

В частности, выясняется, что Леонид Михайлович, вскрывший ошибку в трудах П.С. Лапласа, оставшуюся незамеченной на протяжении полутора столетий, сам тоже мог ошибаться, но ничего

плохого в этом нет: это вполне естественные моменты научного творчества. И я полагаю, что критический анализ наследия Л.М.Щербакова будет полезен и поучителен для современных исследователей, включая меня самого, его и моих учеников. Отмечу также, что ошибки и заблуждения, неизбежно возникающие в процессе научного поиска, не следует смешивать с сознательной фальсификацией или научной недобросовестностью. В этом Леонид Михайлович был очень принципиален, воспитывая такое же отношение у своих учеников.



(Фото из архива В. Леонова)

Биографические сведения. Леонид Михайлович Щербаков родился в Туле 28 апреля 1919 г. После окончания средней школы он, по видимому, некоторое время работал, а затем поступил на физический факультет Томского государственного университета. Дело в том, что со школьных лет он мечтал стать авиаконструктором, но вследствие плохого зрения не прошел медицинскую комиссию при поступлении в Московский авиационный институт. Очевидно, в Томском

государственному университету был недобор, и его сагитировали представители физического факультета ТГУ поступить в их университет, один из старейших российских ВУЗов с богатыми традициями. Леонид Михайлович являлся студентом ТГУ с 1938 по 1940 гг., т.е., насколько я понимаю, окончил 4 курса. Но затем по семейным обстоятельствам он перевелся в Краснодарский государственный педагогический институт и окончил его в 1942 г. Раньше я полагал, что переезд в Краснодар был связан с обстоятельствами военного времени, но мне попал в руки фрагмент документа, написанного рукой самого Л.М.Щербакова, в котором и отражен ранний этап его биографии (рис.1).

IX-38 VIII-40	студент физфака Томского госуниверситета	г. Томск
VIII-40 IX-42	студент физфака Краснодарского пединститута	г. Красно- дар
IX-43 VIII-44	преподаватель физики СШ №28	г. Красно- дар
VIII-44 IX-48	ассистент кафедры физической и коллоидной химии Краснодарского ин-та пищевой промышленности	г. Красно- дар
IX-48 IX-53	ст. преподаватель, затем ассистент кафедры теорети- ческой физики Кишиневского госуниверситета (с IX-53 - профессор)	г. Кишинев
IX-53 I-74	зав. кафедрой физики МГУ механического института	г. Тула
XII-73	зав. кафедрой общей физики МГУ механического госуниверситета, с VII-87 - профессор	г. Тверь

Р и с . 1 . Фрагмент автобиографии, написанной рукой Л.М.Щербакова

С 1944 по 1948 гг. Леонид Михайлович работал ассистентом кафедры физической и коллоидной химии Краснодарского института пищевой промышленности. Заведующий этой кафедрой профессор П.Э. Стребейко стал первым и основным наставником Л.М. Щербакова, определившим его научные интересы на всю оставшуюся жизнь. В 1948 г. молодого специалиста, еще не имеющего ученой степени, пригласили в Кишиневский государственный университет, где он сначала работал на кафедре экспериментальной физики, а затем заведовал кафедрами теоретической и общей физики. В период своей деятельности в Кишиневском государственном университете он подготовил кандидатскую диссертацию, связанную с разработкой термодинамики микрогетерогенных систем, т.е. малых объектов. Эта работа была представлена в диссертационный совет при Институте физической химии РАН в 1949 г., но защищена лишь в 1952 г. (подробнее обстоятельства этой защиты изложены в следующем разделе).

Двадцатилетний и, очевидно, наиболее плодотворный период деятельности Л.М.Щербакова был связан с Тульским механическим (затем – политехническим) институтом, одним из ведущих технических вузов страны. С 1953 г. он заведовал в этом институте кафедрой физики. С одной стороны, Леонид Михайлович продолжил в этот период свои научные исследования в области термодинамики микрогетерогенных систем, т.е., по современной терминологии, наносистем. Итогом этих многолетних исследований явилась докторская диссертация, защищенная в 1963 г. в том же диссертационном совете. Следует отметить, что оппонентами по кандидатской и докторской диссертациям Леонида Михайловича были такие блестящие физики и физико-химики, как Б.В. Дерягин, В.Г. Левич, А.Н. Фрумкин и В.К. Семенченко. Более детальную информацию найти трудно, поскольку в те времена в авторефератах оппоненты не указывались. С другой стороны, работая в техническом вузе, Л.М. Щербаков не мог оставаться в стороне от прикладных направлений исследований. Им и его учениками были выполнены пионерские работы, связанные с моделированием ряда технологических процессов, включая металлургические процессы и процесс размерной электрохимической обработки металлов.

С 1974 г. деятельность Л.М.Щербакова была связана с нашим университетом, где он на протяжении пятнадцати лет заведовал кафедрой общей физики, а затем работал на кафедре теоретической физики в должности профессора. Начало этого периода было связано с коренной реорганизацией лабораторий физического практикума. В этот же период Леонид Михайлович стал членом УМО по физике.

За время своей работы в Тверском государственном университете он подготовил около десяти кандидатов наук. Среди них можно отметить А.Р. Новоселова, А.Л. Битлера, В.М. Горохова, А.Ю. Ивлева, Е.А. Синицина и меня самого. Четверо из бывших аспирантов Леонида Михайловича (А.Р. Новоселов, В.М. Горохов, А.Ю. Ивлев и я) работают в настоящее время преподавателями на физико-техническом факультете ТвГУ. Выше были отмечены те выпускники аспирантуры, темы которых были непосредственно связаны с основными научными интересами Леонида Михайловича. Однако были и другие аспиранты, среди которых можно отметить А.Ю. Щербакова, диссертация которого была посвящена моделированию атмосферных процессов.

Л. М. Щербаков являлся одним из ведущих российских специалистов в области физики межфазных явлений и микрогетерогенных систем. Он поддерживал тесные научные контакты с Институтом физической химии РАН, Ленинградским государственным университетом, где кафедрой коллоидной химии до сих пор заведует академик А.И. Русанов, Кабардино-Балкарским государственным университетом, где его друг и коллега профессор

С.Н. Задумкин создал всемирно известную школу в области поверхностных явлений на границах твердых тел. Поддерживались также контакты со специалистами из этого университета, которые занимаются исследованиями в области физики атмосферы и физики активных воздействий (речь, прежде всего, идет о воздействии на облака с целью предупреждения выпадения града). Поддерживались и поддерживаются до настоящего времени контакты с Институтом материаловедения Академии наук Украины. Леонид Михайлович являлся членом координационного совета по проблеме «Поверхностные явления в расплавах и возникающих из них твердых фазах». В 90-х гг. он был членом редколлегии «Коллоидного журнала».

За 58 лет своей работы в вузах Л.М.Щербаков опубликовал свыше 200 работ. Можно отметить также несколько авторских свидетельств и международных патентов, полученных в период его работы в Тульском политехническом институте. В 90-х гг. за большие научные заслуги и подготовку специалистов высшей категории Л.М.Щербаков был удостоен звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Научная деятельность. Первым учителем Л.М.Щербакова, приобщившим его к научной работе, а также к науке о межфазных явлениях и дисперсионных системах, был заведующий кафедрой физической химии Краснодарского института пищевой промышленности П.Э. Стребейко. Сейчас его мало кто помнит, поскольку свои работы он публиковал в основном в «Трудах КИПП», т.е. в малодоступном для широкого круга читателей издании. В 1939 году Петр Эдмундович защитил докторскую диссертацию на тему «О влиянии измельчений на температуры фазовых переходов». Даже по нынешним меркам удивительно, что профессор провинциального, пусть даже хорошего, но технологического ВУЗа с увлечением издал труды классиков науки: Лапласа, Пуассона и Гиббса. И эту любовь к истокам он пытался прививать своим ученикам. Я не собираюсь сравнивать масштабы, но в этом плане П.Э. Стребейко напоминал А.В. Сторонкина, учителя А.И. Русанова. У меня сохранились тетрадки Л.М. Щербакова с выписками из трудов классиков науки. Эти выписки появились в результате подготовки к семинарам П.Э. Стребейко. Под влиянием этих семинаров Л.М. Щербаков изучил французский и английский языки в пределах, необходимых для чтения научной литературы. Направление П.Э. Стребейко осталось для Леонида Михайловича основным на всю оставшуюся жизнь.

После приглашения на работу в Кишиневский государственный университет Л.М.Щербаков с самого начала сочетал увлеченную педагогическую деятельность с научной работой. Его первая научная статья [1] была опубликована в 1949 г. в «Ученых записках КГУ». Она

посвящена условиям равновесия монодисперсной однокомпонентной системы и содержит ссылки на труды П.Э. Стребейко. Еще одна работа того же года [2] посвящена анализу взаимосвязи между молекулярным (внутренним) и фазовым давлениям со степенью дисперсности. Уже здесь были заложены идеи, послужившие затем основой его кандидатской диссертации. Отметим, в частности, что в этой работе соотношение Гиббса

$$P = P_0 + \frac{2\sigma}{R} \quad (1)$$

первоначально предложенное для описания термодинамического равновесия между каплей (давление P) и окружающим ее паром (давление P_0) было переписано через степень дисперсности D :

$$P = P_0 + 2\sigma D. \quad (1)$$

Здесь σ – поверхностное натяжение. На первый взгляд, это тривиальный шаг. Однако он открывает возможности для термодинамического описания частиц произвольной формы, в том числе нанокристаллов.

Как отмечается в наших учебных пособиях [3; 4], соотношение Гиббса похоже на формулу Лапласа

$$P = P_\infty + \frac{2\sigma}{R}, \quad (2)$$

которая, однако, связывает давление в конденсированной фазе (жидкости) под плоской границей раздела P_∞ с давлением P под поверхностью с радиусом кривизны R . В общем случае (если поверхность не является сферической) под R следует понимать средний радиус кривизны, т.е. величину, обратную кривизне

$$C = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \quad (3)$$

где R_1 и R_2 – главные радиусы кривизны. Однако правильному пониманию формулы Лапласа (2), по крайней мере, среди отечественных специалистов в области физики и химии межфазных явлений, мы в значительной степени обязаны Л.М. Щербакову.

Дело в том, что в конце 40-х годов Леонид Михайлович подготовил кандидатскую диссертацию «О фазовых равновесиях в системах с развитыми поверхностями раздела». Леонид Михайлович вовсе не из-за завышения самооценки и смелости решил представить свою диссертацию в 1949 году в столичный совет. Просто диссертационных советов тогда было очень мало. Наиболее близким по тематике оказался совет в Институте физической химии АН СССР,

который возглавлял академик П.А. Ребиндер. Первоначально П.А. Ребиндер отнесся к диссертации негативно. В процессе ее экспертизы Л.М. Щербаков познакомился с членом-корреспондентом АН СССР Б.В. Дерягиным, который, убедившись в правоте Леонида Михайловича, взялся убедить в этом П.А. Ребиндера. Все эти «разбирательства» задержали защиту Л.М.Щербакова на два года, но, в конце-концов, защита состоялась в том же совете. Учитывая, что в ИФХ АН СССР защищались в основном по химическим наукам, работа Л.М. Щербакова также была представлена по химическим наукам. Однако на защите П.А. Ребиндер бросил реплику: «Какая же это химия? Это скорее математика, чем химия. Давайте присудим соискателю ученую степень кандидата физико-математических наук!» Все члены совета согласились, и «химические науки» на титульном листе диссертации были перечеркнуты жирным крестом. Удивительно, что в далеком 1952 году, т.е. в сталинские времена, бюрократизма в некоторых отношениях было гораздо меньше, чем в настоящее время. Кстати, в Институте физической химии и электрохимии РАН до сих пор можно услышать мнение, что без курирования и помощи со стороны Л.П. Берии наша страна не смогла бы осуществлять урановый проект в отведенные для него сжатые сроки.

Теперь уже трудно сказать (я об этом Леонида Михайловича не спрашивал), почему в центральной печати [5], статья, посвященная обсуждению ошибки Лапласа, была опубликована лишь 6 лет спустя, т.е. в 1958 году. Согласно [5], первый закон капиллярности Лапласа связывает величину избыточного давления с кривизной поверхности. Однако Лаплас использовал для избыточного давления обозначение K :

$$K = K_0 + \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (4)$$

Работа Лапласа [6] носит скорее математический характер, т.е. физический смысл величин K и K_0 в ней не анализировался. После публикации работы Ван-дер-Ваальса [7], в которой он вводит так называемое внутреннее давление, с ним стали отождествлять величину K . Напомню, что внутренним давлением называют член $N^2 a / V^2$, выступающий в роли «добавки» к фазовому давлению P в уравнении Ван-дер-Ваальса:

$$\left(P + \frac{N^2 a}{V^2} \right) (V - Nb) = NkT, \quad (5)$$

где V – объем системы, N – число молекул, b – исключенный объем в расчете на одну молекулу, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная

температура. Постоянная a выражается через интеграл от следующего парного потенциала Φ [8]:

$$a = 2\pi \int_d^{\infty} \Phi(r) r^2 dr > 0, \quad (6)$$

где d – эффективный молекулярный диаметр. Легко убедиться, что величина $u = -a/v$ ($v = V/N$ – удельный объем) отвечает некоторому приближению для потенциальной части удельной внутренней энергии. Более точное выражение для u имеет вид [9]

$$u = (2\pi/v) \int_0^{\infty} \Phi(r) g(r) r^2 dr, \quad (7)$$

где $g(r)$ – радиальная функция распределения. Таким образом,

$$K_0 = \frac{N^2 a}{V^2} = \frac{a}{v^2} = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T. \quad (8)$$

В настоящее время внутренним (молекулярным) давлением называют произвольную $(\partial U / \partial V)_T$.

Молекулярное давление входит в ряд важных соотношений. Однако его расчет и экспериментальное определение связаны с рядом трудностей. В последнее десятилетие интересные экспериментальные исследования в этом направлении были выполнены саратовскими исследователями [10]. Влияние кривизны поверхности на внутреннее давление – еще менее изученная проблема. Леонид Михайлович показал, что при $\dot{N} > 0$ внутреннее давление должно не увеличиваться, а уменьшаться. Таким образом, в формуле Лапласа вместо \hat{E} должно фигурировать фазовое (гидростатическое) давление, т.е. эта формула должна записываться в форме (2) или, с учетом размерной зависимости поверхностного натяжения,

$$P = P_0 + \frac{2\sigma}{R} + \frac{\partial \sigma}{\partial R}, \quad (2')$$

а формула для K имеет вид:

$$K = K_0 - \frac{2\sigma}{R} - \frac{\partial \sigma}{\partial R}. \quad (9)$$

Интересно, что сумма $P + K$ является, согласно (2') и (9) инвариантом, т.е. не зависит от конечности объема жидкой фазы и кривизны поверхности:

$$P + K = P_0 + K_0 = inv. \quad (10)$$

Было бы интересно проверить, а, может быть, и уточнить записанную мною формулу. Она может оказаться полезной для нахождения давления P в малом объекте и интерпретаций ряда явлений в дисперсных системах. Упоминание об уточнении связано, в частности, с тем, что реально в очень малых частицах (кластерах) ни P , ни K не должны быть очень большими по модулю. Очевидно $P \rightarrow 0$ и $K \rightarrow 0$ при $R \rightarrow 0$, а формула (10) этому предельному условию не удовлетворяет.

Справедливости ради, необходимо отметить, что примерно такая же интерпретация формулы Лапласа, как и у Л.М. Щербакова, характерна и для зарубежных авторов, работающих в области физики и химии межфазных явлений. Об этом можно судить хотя бы по монографии А. Адамсона [11], который вряд ли знакомился с диссертацией Л.М. Щербакова или его статьей [5].

В работе [1] затронута еще одна интересная проблема, положившая начало нашим последующим исследованиям по проблеме устойчивости наночастиц. Дело в том, что Леонид Михайлович, исследуя проблему устойчивости межфазной поверхности и знака поверхностного натяжения, исходил из необходимого условия термодинамического равновесия, т.е. равенства нулю первой вариации от энергии Гельмгольца δF , а в качестве условия устойчивости использовал неравенство

$$\delta^2 F > 0. \quad (11)$$

В дальнейшем я предложил моему аспиранту Н.Ю. Сдобнякову развить этот подход применительно к проблеме устойчивости наночастиц. Было подготовлено и опубликовано несколько статей на эту тему в российских и международных научных журналах [12-14]. Тема эта, безусловно, интересна и актуальна. Однако в процессе подготовки данной статьи у меня возникли серьезные и вполне обоснованные, на мой взгляд, сомнения в правомерности применения к наночастицам подхода, предложенного Л.М. Щербаковым. Дело в том, что, использование формулы (11) подразумевает не просто рассмотрение устойчивости частицы, а устойчивости термодинамического равновесия. Но хорошо известно [15], что малый объект (капля, нанокристалл) может находиться только в неустойчивом равновесии с паром, что проявляется в наличии максимума работы нуклеации. Правда, обычно, работа нуклеации определяется через энергию Гиббса G , поскольку при отсутствии спада пересыщения давление в системе «зародыш-пар» можно считать постоянным. Однако это условие будет выполняться и при постоянстве объема системы «малый объект-пар», т.е. использование энергии Гельмгольца вместо энергии Гиббса никоим образом не должно переводить неустойчивое термодинамическое равновесие в устойчивое. Таким образом, проблема

устойчивости наночастиц требует, очевидно, разработки иных подходов, не основывающихся на допущении об устойчивости термодинамического равновесия между частицей и ее окружением.

Как уже отмечалось выше, физика межфазных явлений и микрогетерогенных систем (наносистем) оставалась для Л.М. Щербакова основным направлением исследований на всю оставшуюся жизнь. В 1964 году он защитил диссертацию «Капиллярные эффекты II рода и их роль в термодинамике и кинетике фазовых превращений в аэрозольных системах» в том же самом совете в ИФХ РАН. О чем же идет речь и каков смысл введенного Л.М. Щербаковым термина? Капиллярными эффектами I рода Л.М. Щербаков назвал те явления, которые обусловлены наличием поверхностного натяжения границ раздела, а капиллярными эффектами II рода – эффекты, обусловленные зависимостью поверхностного натяжения и других поверхностных характеристик от размеров объектов [16]. Несомненно, это интересная, важная и достаточно общая концепция. И, разумеется, не следует утверждать, что капиллярные эффекты II рода были открыты Л.М. Щербаковым. Они были предсказаны еще классиками науки. Расклинивающее давление в тонких слоях жидкостей, открытое Б.В. Дерягиным [17], также можно рассматривать как один из этих эффектов. И хотя целый отдел в ИФХ АН СССР занимался изучением расклинивающего давления и его теоретической интерпретации, до сих пор эта проблема в полной мере не изучена. Таким образом, формулировка столь общей концепции еще не решает всех связанных с ней проблем. Следует отметить и еще одну трудность. Для двухфазных систем, например, для системы «капля-пар», т.е. для аэрозолей, учет размерной зависимости σ от радиуса капли R должен, очевидно, обеспечить адекватное термодинамическое описание микрогетерогенной системы вплоть до $R \rightarrow 0$. Но для нанокapли, которая полностью или почти полностью находится в силовом поле твердой поверхности, разделение избыточной свободной энергии на «избытки», относящиеся к межфазным поверхностям и периметру смачивания, становится некорректным. Соответственно, концепция капиллярных эффектов II рода уже недостаточна для решения проблемы распространения методов термодинамики на такие системы. Очевидно, эти трудности осознавал сам Леонид Михайлович, ограничивший круг рассматриваемых объектов аэрозолями уже в названии диссертации.

Для оценки избыточной свободной энергии малых объектов Л.М. Щербаков предложил в своей диссертации (см. также работу [18]) оригинальный вариант термодинамической теории возмущений (ТТВ). Обычно ТТВ используется для нахождения энергии Гельмгольца F системы взаимодействующих молекул (атомов) по свободной энергии

F_0 системы жестких сфер [19]. Основы ТТВ рассматриваются в монографии Р. Фейнмана [20] и, в варианте более близком к оригинальной работе Р. Пайерлса, в книге Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица [21]. Согласно [20],

$$\langle U_0 \rangle \leq F - F_0 \leq \langle U \rangle_0, \quad (12)$$

где $\langle U \rangle_0$ – энергия возмущения, найденная по невозмущенному распределению Гиббса, $\langle U_0 \rangle$ – энергия невозмущенной системы, найденная по возмущенному распределению Гиббса. Замены в левой части (12) неравенство, получим:

$$F \cong F_0 + \langle U \rangle_0. \quad (13)$$

При более корректном рассмотрении в правой части (13) должно фигурировать разложение в ряд. С учетом трех членов разложения формула (13) переписывается в виде [21]

$$F = F_0 + \langle U \rangle_0 - \frac{1}{kT} \langle U - \langle U \rangle_0 \rangle^2 + \dots \quad (14)$$

Согласно [21], критерием применимости формулы (13) является малость энергии возмущений в расчете на одну молекулу по сравнению с kT .

Леонид Михайлович предложил оригинальный вариант ТТВ, при котором возмущение связано с изъятием (вырезанием) сферического объема V и его перенесением в фазу, представленную паром. В результате для избыточной свободной энергии $\psi = F - F_0$ капли получим

$$\psi = -\frac{1}{2} n^2 \int_{V_1} dV_1 \int_{V_2} dV_2 g(r) \Phi(r), \quad (15)$$

где $n = N/V$ – плотность числа молекулы (концентрация), V_2 – объем жидкости, окружающей интересующий нас объем V_1 . После нахождения ψ можно рассчитать удельную избыточную свободную энергию $\sigma = \psi / 4\pi R^2$, совпадающую для эквимолекулярной разделяющей поверхности S поверхностным натяжением γ .

В результате аналитического расчета по формуле (15) с использованием ряда упрощающих допущений для σ была получена формула

$$\sigma = \sigma_\infty \left(1 - \frac{a}{R} \right), \quad (16)$$

совпадает по виду с известной формулой Толмена

$$\gamma = \gamma_{\infty} \left(1 - \frac{2\delta}{R} \right). \quad (17)$$

Здесь σ_{∞} – предельное значение σ , отвечающее $R \rightarrow \infty$, γ_{∞} – макроскопическое значение поверхностного натяжения, отвечающее плоской границе раздела, a – эффективный молекулярный диаметр, δ – параметр, называемый толминовской длиной. Сравнивая (16) и (17), находим, что $\delta = a/2$, $\delta^* = \delta/a = 0,5$, что удовлетворительно согласуется с независимой оценкой [22], согласно которой $\delta \approx 1/3$.

В дальнейшем метод ТТВ использовался в кандидатской диссертации А.Р. Новоселова, а также в кандидатских диссертациях А.В. Лебедева, А.Н. Базулева и Н.Ю. Сдобнякова, выполненных под моим руководством, для оценки избыточной свободной энергии двухфазных систем (нанокляпа-пар, нанокристалл-пар) и избыточной свободной энергии линии трехфазного контакта (периметр смачивания). Результаты этих исследований также вызвали интерес и были отражены в центральных и международных научных журналах [23-28], поскольку они имеют непосредственное отношение к проблеме распространения термодинамики, в том числе метода поверхностных фаз Гиббса на наносистемы [29-30]. Вместе с тем, следует отметить, что использование ТТВ с самого начала вызывало у нас дискуссии, а трудности, связанные с обоснованием корректности метода и границ его применимости, на несколько лет задержали защиту диссертации А.Р. Новоселова. Дело в том, что он обратил внимание на некорректность использования критерия применимости ТТВ, предложенного Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшицем [21] к случаю, впервые рассмотренному Л.М. Щербаковым. Действительно, в [21] предполагается, что энергетически все молекулы находятся в одинаковых условиях (массивная фаза), а применительно к капле возмущения относится только к молекулам граничного слоя. Априори толщину этого слоя определить трудно, и были основания полагать, что для «поверхностных» молекул энергия возмущения может оказаться и большей, чем kT . В конце-концов, некий консенсус был достигнут, но проблема критерия применимости данного варианта ТТВ так и осталась в полной мере нерешенной. Эта проблема «всплыла» затем при обсуждении кандидатской диссертации А.Н. Базулева в ведущей организации – Институте высоких температур РАН. Именно вследствие этого я провел оценку второго члена, фигурирующего в разложении (14), выразив флуктуацию энергии через флуктуацию плотности [31]. Эта оценка свидетельствует в пользу применимости ТТВ, но также является достаточно грубой. Было бы целесообразно корректно рассчитать этот член, что решило бы две проблемы: проблему критерия

применимости первого приближения ТТВ и проблему повышения точности метода. Однако эта задача не является тривиальной.

В ведущей организации был задан еще один «каверзный» вопрос: «Поверхностное натяжение – величина динамическая, а энергия возмущения – энергетическая. Как же динамическая величина может выражаться через энергетическую?» В методологическом плане на этот вопрос было ответить не трудно: поверхностное натяжение имеет двойственную природу. С одной стороны, это сила поверхностного натяжения в расчете на единицу длины контура (динамическое определение); с другой стороны, – это работа образования единицы площади межфазной поверхности. Кстати, энергетическое определение представляется мне более общим в том смысле, что его можно распространить и на нанобъекты. Этот методологический аспект обсуждается в нашей недавней работе [32]. Однако пылкость ведущей организации этим не ограничилась. Был задан такой вопрос: согласно [9], удельная полная поверхностная энергия w выражается через парный потенциал $\Phi(r)$ следующим образом:

$$w_{\infty}^{(0)} = -\frac{\pi}{2v_{\alpha}^2} \int_0^{\infty} \Phi(r) g(r) r^3 dr, \quad (18)$$

где v_{α} – удельный объем жидкости, $g(r)$ – радиальная функция распределения. В то же время, поверхностное натяжение связано с производной от парного потенциала $\Phi'(r)$:

$$\sigma_{\infty}^{(0)} = \frac{\pi}{8v_{\alpha}^2} \int_0^{\infty} \Phi'(r) g(r) r^4 dr. \quad (19)$$

Суть вопроса сводилась к тому, не противоречат ли соотношения (18) и (19) ТТВ? Это более тонкий и более умный вариант предыдущего вопроса. Действительно, в качестве предельного случая подход Л.М. Щербакова должен позволять рассчитывать поверхностное натяжение σ_{∞} плоской границы раздела. ТТВ предсказывает, что если удельная полная поверхностная энергия w_{∞} рассчитывается по формуле (18), предполагающей, что $v(z) = v_{\alpha} = const$, а бинарная коррелятивная функция Кирквуда $g(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ совпадает с радиальной функцией распределения $g(r)$, то фактически вместо w_{∞} мы получим некоторое приближение для σ_{∞} . В моей работе [33] это утверждение было проверено непосредственно, причем оказалось, что

$$w_{\infty}^{y\acute{e}n\grave{e}r} < \sigma_{\infty}^{y\acute{e}n\grave{e}r} < w_{\infty}^{(0)},$$

как и предсказывает неравенство Фейнмана (12).

Что же касается формул (18) и (19), то нетрудно убедиться, что притягательная часть потенциала Леннарда-Джонса $-B/r^6$ даст близкие вклады в

$$w_{\infty i \delta \delta \delta}^{(0)} = \frac{\pi B}{2v_a} \int_0^{\infty} \frac{g(r)}{r^3} dr,$$
$$\sigma_{\infty i \delta \delta \delta}^{(0)} = \frac{3}{4} \pi B \int_0^{\infty} \frac{g(r)}{r^3} dr,$$

а вклад сил отталкивания $w_{\infty}^{(0)}$ и $\sigma_{\infty}^{(0)}$ является малым. Таким образом, ни к каким явным противоречиям вариант ТТВ, предложенный Л. М. Щербаковым, не приводит, и мы сделали многое для того, чтобы подтвердить его адекватность. Но все же этот подход является достаточно грубым, и не столь вопиющие, как это представлялось нашим оппонентам, но все же серьезные трудности действительно имеются. В частности, в (16) член $-a/R$ фактически возникает вследствие того, что в (15) исключается шаровой слой с $r \in [R-a, R]$, где R – радиус капли. А в другой работе [34] при нахождении поверхностного натяжения пузырька исключается слой с $r \in [R, R+a]$. В результате, вместо (17) было получено соотношение

$$\sigma = \sigma_{\infty} \left(1 + \frac{a}{R} \right). \quad (20)$$

На такого рода исходные допущения не имеют под собой никаких оснований. Таким образом, либо необходимо использовать другие, более обоснованные и более точные подходы, либо заново серьезно проанализировать подход Л.М.Щербакова и развить его на качественно новом современном уровне.

Остановимся далее на некоторых направлениях исследований и важных работах Л.М. Щербакова, относящихся к его деятельности до перехода в наш университет. Но отмечу, прежде всего, что Леонид Михайлович никогда не страдал графоманией, и свои работы готовил очень серьезно, не ради галочки. Отмечу, прежде всего, что у него была всего одна совместная статья с Б.В.Дерягиным [35], зато статья серьезная и хорошо цитируемая. В этой работе вводится представление о двух типах адсорбционных слоев: в случае неполярной жидкости, согласно [35] формируется ориентированная однофазная α -модификация пленки, а в случае полярной жидкости двухфазная β -модификация (слой обычной жидкости, представляемой ориентированным «подслоем»).

Еще одна интересная работа [36], положившая начало целому научному направлению, связана с изучением влияния удельной избыточной свободной энергии периметра смачивания χ (линейного натяжения) на краевые условия смачивания, была так опубликована в 60-х гг. В этой работе получена формула

$$\cos \Theta_e = \cos \Theta_e^{(\infty)} - \frac{\chi \sigma_\infty}{r}, \quad (21)$$

где σ_∞ – макроскопическое значение поверхностного натяжения, r – радиус периметра смачивания, $\Theta_e^{(\infty)}$ – значение равновесного краевого угла смачивания, определяемое уравнением Юнга

$$\cos \Theta_e^{(\infty)} = \frac{\sigma_{sv} - \sigma_{se}}{\sigma_{ev}},$$

где индексы s, e, v отвечают твердой подложке, жидкости и пару. Профессор МГУ А.В. Перцов говорил мне, что формулу (21) получил еще в довоенные годы его отец. Однако, несмотря на мои просьбы, А.В. Перцов так и не смог найти эту статью. Позднее интерес к линейному натяжению и, в частности, к его взаимосвязи с краевыми условиями смачивания, существенно возрос. Более общее и более детальное, чем в [36], рассмотрение было проведено в 70-х гг. А.И. Русановым [37]. Большой вклад в изучении линейных границ раздела внесла болгарская школа академика А.Д. Шелудко [38]. Кстати, у Алексея Дмитриевича есть ссылка на работу В.С. Веселовского и В.Н. Перцова [39], но нет ссылки на работу Л.М. Щербакова [36]. В то же время, все указанные в [38] источники, кроме трудов Гиббса и работы [39], относятся уже к 70-80 гг. Таким образом, мое мнение, что Леонид Михайлович был в этой области одним из первых, полностью подтверждается. Роль линейного натяжения в термодинамике тонких жидких пленок обсуждается в обзоре [40]. К настоящему времени интерес к линейному натяжению существенно снизился. По-видимому, на исследования в этой области возлагались гораздо большие надежды, чем следовало. Вместе с тем, в настоящее время к этой тематике обратился А.К. Щекин и его коллеги с кафедры статистической физики СПбГУ. В подготовленном нами сборнике научных трудов, также посвященном 90-летию со дня рождения Л.М. Щербакова, публикуется их работа [41].

Отметим также работу Л.М. Щербакова [42], в которой он интерпретирует расклинивающее давление, используя квазигидростатическую формулу Ван-дер-Ваальса-Баккера. В дальнейшем этот подход получил развитие у Б.В. Дерягина, и надо

отдать должное тому, что в [17, гл.2] Борис Владимирович ссылается на статью Л.М. Щербакова [42].

Разумеется, работая в одном из ведущих технических вузов страны, Л.М. Щербаков уделял серьезное внимание прикладной тематике, включая моделирование процесса затвердевания металлического слитка [43] и размерной электрохимической обработки [44-45], причем все эти исследования находили прямой выход в промышленности. Размерная электрохимическая обработка применяется, в частности, для изготовления лопаток турбин турбореактивных двигателей. Используемые для этого материалы должны обладать очень высокой твердостью и прочностью. Как следствие, их обработка другими методами затруднительна. Поскольку цифровых ЭВМ в то время практически не было, моделирование осуществлялось с использованием аналоговых машин и просто электропроводной бумаги. Но в те времена такие подходы были пионерскими.

Научная деятельность Л.М. Щербакова, относящаяся к периоду его работы в нашем университете, характеризуется рядом специфических и, как я полагаю, интересных для читателя особенностей. Прежде всего, следует отметить, что Леонид Михайлович предложил своим первым аспирантам очень разнообразные темы. В значительной степени, эти темы они выбирали сами. В этом есть и положительные и отрицательные стороны. Так, О.Е. Комарову была предложена тема, связанная с экспериментальным исследованием краевых углов смачивания, в том числе краевых углов смачивания для капель на нитях. Интерес к этим объектам обуславливается, прежде всего, двумя следующими соображениями. С фундаментальной точки зрения интересно то, что при перемещении периметра смачивания в таких системах его радиус не меняется. Следовательно, размерный эффект должен полностью относиться к размерной зависимости поверхностного натяжения. Второй аспект, скорее прикладной, но в значительной степени загадочный и с точки зрения фундаментальной науки, связан с тем, что капли жидкости значительно лучше смачивают волокна, чем плоскую поверхность. Впервые на это обратил внимание известный специалист по аэрозолям И.В. Петрянов (Петрянов-Соколов). В 1948 г. совместно с Н.П. Розенблум им была опубликована работа на эту тему [46]. Хотя данная работа не отличается прецизионностью измерений, но Игорь Васильевич сразу же обратил внимание на возможность важного практического использования этой закономерности: в настоящее время волокнистые фильтры Петрянова широко применяются, в том числе на атомных станциях для улавливания радиоактивных аэрозолей (см. научно-популярные книги [47-48]). Именно благодаря этим применениям И.В.Петрянов-Соколов приобрел известность и стал академиком. В 1993 г. я встретился с ним в

связи с возможностью получения рекомендации при представлении документов на грант Фонда Сороса: помимо теории и компьютерного эксперимента я планировал вернуться к экспериментам по измерению краевых углов для капель на нитях, которые в 80-х гг. проводил А.Р. Новоселов. Игорь Васильевич встретил меня любезно и ответил следующее: «Я, конечно, могу дать рекомендацию, но стоит ли заниматься экспериментами в этой области: фильтры-то работают!». Постараюсь пояснить подоплеку такого ответа. Дело в том, что у А.Р. Новоселова были получены весьма необычные и любопытные результаты. Эксперимент по наблюдению краевых углов для капель вакуумного масла на волокнах асбеста показывал, что размерная зависимость краевого угла смачивания проявляется уже при диаметрах волокна порядка 10^{-2} мкм, тогда как теоретические оценки предсказывают размерный эффект для объектов диаметром порядка 1 нм [49]. На первый взгляд, такое большое расхождение можно объяснить сложностью объектов исследования и недостаточным опытом экспериментатора, поскольку Анатолий Рафаилович скорее является теоретиком. Однако позднее я обнаружил экспериментальные работы зарубежных авторов [50-51], в которых выявлена та же загадочная особенность смачивания волокон, не имеющая до сих пор теоретического объяснения. С учетом отмеченного выше, интерес Леонида Михайловича к этим объектам становится вполне понятным.

Но продолжу разговор о первых калининских аспирантах и их тематике. Основная тема А.Р. Новоселова была связана с применением ТТВ к оценке избыточной свободной энергии малых объектов, в том числе капель на подложке. Сущность подхода обсуждалась выше. Анатолий Рафаилович был одним из двух аспирантов-заочников. Вторым был Е.К. Петров. Ему Леонид Михайлович предложил, но никоим образом не настаивая, тему, связанную с влиянием магнитного поля на воду и коллоидные растворы. Тогда магнитная обработка воды и водных растворов отвечала модной тематике. Самым большим авторитетом в этой области являлся В.И. Классен. В его монографии [52] даются ссылки на исследования, согласно которым магнитная обработка воды, якобы, повышает всхожесть семян, увеличивает продуктивность кур, уменьшает накипь в котлах, увеличивает прочность бетона и т.д. Теперь Евгений Кузьмич говорит, что он ни за что не взял бы эту тему, если бы лучше ориентировался в ситуации. Для того, чтобы начать исследования, он, работая в Старице в профтехучилище, создал там экспериментальную установку, включающую достаточно мощный источник магнитного поля. В результате кропотливых исследований было установлено, что магнитное поле действительно влияет на устойчивость коллоидов, но не оказывает никакого влияния на чистую воду. Теперь это представляется банальным и было подтверждено экспериментами ряда отечественных и

зарубежных авторов. Но тогда, в конце 70-х – начале 80-х В.И. Классен был «на плаву», и его поддерживал Б.В. Дерягин. Соответственно, Леонид Михайлович, считая себя, в той или иной степени, его учеником, побоялся обнародовать эти результаты (уже была подготовлена статья для «Коллоидного журнала»). Позднее Президиум Академии наук СССР опубликовал специальное обращение к научному сообществу, в котором исследования Классена квалифицировались как не вполне профессиональные и лженаучные. Но Е.К. Петров так и не защитил кандидатскую диссертацию, хотя, на мой взгляд, у него были очень интересные результаты. Я полагаю, что Б.В. Дерягин, будучи настоящим ученым, мог бы вполне адекватно оценить результаты Петрова, и позиция Леонида Михайловича в этой ситуации мне не импонировала.



На научном семинаре факультета. Слева направо: В.М. Самсонов, Ю.С. Соловьёв, Ю.Д. Орлов, Е.А. Сеницын, В.М. Горохов, Е.Ф. Новиков, К.А. Савченко, Л.М. Щербаков

Далее, среди аспирантов-очников начну с самого себя. Моя дипломная работа была посвящена проблеме затвердевания непрерывного металлического слитка. К счастью, тема диссертации была изменена, причем я не помню ее первоначального названия. После того, как я в течение года «мыкался» с явно устаревшими подходами к статистической термодинамике граничных слоев, представленных в, безусловно, прекрасной, но старой монографии Я.И. Френкеля [53], Леонид Михайлович, наконец, поняв, что меня интересует, вспомнил о диссертации своей бывшей аспирантки Т.И. Антоненко [54]. В начале 60-х гг. Татьяна Ивановна хорошо изучила новый для того времени метод коррелятивных функций и выполнила очень интересную работу, которую можно рассматривать как дальнейшее развитие подхода к статистической термодинамике граничных слоев жидкостей,

заложенного в монографии И.З. Фишера [9], опубликованной незадолго до этого в серии «Проблемы современной физики». Кстати, Иосиф Залманович был одним из официальных оппонентов по диссертации Антоненко. Так получилось, что моя кандидатская диссертация также была посвящена применению метода коррелятивных функций к граничным слоям жидкостей.

Аспирант А.Л. Битлер стал заниматься кинетикой зарождения новой фазы, т.е. нуклеацией. До этого Леонид Михайлович ограничивался применением к зародышам новой фазы равновесной статистической термодинамики с учетом размерной зависимости поверхностного натяжения. С появлением нового аспиранта возникло желание перейти на более высокий уровень исследований, отвечающий дальнейшему развитию идей и методов, заложенных в трудах Я.И. Френкеля и Я.Б. Зельдовича. Несомненно, Аркадий Лазаревич был способным и трудолюбивым, а, возможно, даже талантливым исследователем. Однако как уже позднее выяснилось, в СПбГУ, где он защитил кандидатскую диссертацию, первоначально по его работе был сделан ряд серьезных замечаний. Оказалось, что его подход предсказывает другой порядок величины параметров, характеризующих типичные для теории нуклеации объекты, т.е. зародыши капель в паре. Но, к счастью, оказалось, что его подход адекватно описывает некоторые процессы нуклеации, связанные с зарождением сегнетоэлектрических доменов в парафазе. Так появилась первая и, к сожалению, единственная совместная работа [55] Леонида Михайловича, его ученика и В.М. Рудяка, заведовавшего тогда кафедрой физики сегнето- и пьезоэлектриков.

Интересна предыстория кандидатских диссертаций В.М. Горохова и А.Ю. Ивлева. Выше я уже напоминал о работе Б.В. Дерягина и Л.М. Щербакова [35], в которой развита концепция пристенных ориентированных слоев. К сожалению, экспериментальная проверка этой гипотезы связана с рядом трудностей. Талантливый одесский исследователь Ю.М. Поповский обнаружил наличие таких слоев с гомеотропной ориентацией у нитробензола [56,57] и алканов [58]. Таким образом, в пристенных слоях немезогенные жидкости могут обладать мезогенными свойствами, характерными для жидких кристаллов [59,60], хотя в последних мезофазы могут быть и массивными. Но, несмотря на интересные результаты Ю.М. Поповского и его коллег, обнаружение и изучение ориентированных слоев немезогенных жидкостей все же затруднено. В связи с этим, жидкие кристаллы интересовали Б.В. Дерягина как модельные системы, позволяющие изучать пристенные эффекты, характерные не только для мезогенных, но и для немезогенных жидкостей.

Я лично был свидетелем того, как Ю.М. Поповский сетовал, что Б.В. Дерягин, будучи крупным и ярким исследователем, тепло

относящимся к Юрию Михайловичу, сыграл в его жизни не только положительную, но и отрицательную роль. Имелось в виду, что Ю.М. Поповский, по его мнению, мог бы внести более заметный вклад в изучение жидких кристаллов самих по себе, безотносительно к проверке концепций Б.В. Дерягина. Однозначно оценить указанную ситуацию трудно. Однако у меня есть два возражения Юрию Михайловичу, который, к сожалению, ушел уже из жизни. Во-первых, нельзя быть уверенным, что вне контактов с Б.В. Дерягиным одесские исследователи могли бы ярче себя проявить. Во-вторых, по моему, надеюсь, вполне резонному мнению, мы являемся свидетелями того, что области практического применения жидких кристаллов не только себя исчерпали, но даже явно сужаются. Насколько мне известно, еще в 80-х гг. отец А.Р. Новоселова использовал жидкие кристаллы для визуализации очагов воспаления в детской стоматологии. Через 10-15 лет появились гораздо более совершенные приборы и методы. Жидкокристаллические дисплеи и телевизоры – огромное техническое достижение. Но, сточки зрения фундаментальной науки, – это даже не вчерашний, а позавчерашний день.

Из представленного выше детального комментария вполне понятно, почему исследования В.М. Горохова и А.Ю. Ивлева [61,62] очень заинтересовали тогда Б.В. Дерягина. В числе прочих методов они использовали принципиально новую для того времени экспериментальную установку, созданную талантливым электронщиком Ф.Н. Сухаревым по инициативе Л.М. Щербакова. Эта установка, описанная в [49] и названная автоматизированным измерительным комплексом (АИК), предусматривала, что изображение капли или иного объекта с помощью телекамеры передавалось в миникомпьютер «Искра». С помощью специальных программ можно было рассчитывать профиль поверхности и, соответственно, поверхностное натяжение, а также равновесный краевой угол смачивания. В 2004 г. я был официальным оппонентом по докторской диссертации А.М. Емельяненко [63]. Александр Михайлович разработал свой, более совершенный АИК. Член-корреспондент РАН Л.Б. Бойнович сообщила мне тогда, что не все результаты В.М. Горохова и А.Ю. Ивлева подтвердились их экспериментами. Однако стоит ли этому удивляться, если учесть, что после экспериментальных исследований учеников Леонида Михайловича минуло 20 лет!

Тема диссертации Е.А. Сеницына была связана с теоретическим исследованием процесса размерной электрохимической обработки. Возможно, я ошибаюсь, и эта тема отвечала его дипломной работе, а тема кандидатской диссертации была связана со слеживаемостью порошков. Общее впечатление о тематике, которой Л.М.Щербаков озадачил своих учеников, – неоднозначное. С одной стороны, это интересные и разнообразные темы, выбранные, в значительной степени,

самими аспирантами и имеющие непосредственное отношение к кардинальным направлениям физики межфазных явлений и коллоидной химии. С другой стороны, разнообразие тем дипломников и аспирантов было бы естественно для научно-исследовательского института, но не для небольшого и нового вузовского коллектива. На мой взгляд, вряд ли следовало давать явно технические темы, связанные с затвердеванием слитка и размерной электрохимической обработкой, если уже не было никаких связей с практиками и установление таких контактов даже не предполагалось.

Остается не ясным, были ли у Леонида Михайловича одна-две проблемы, которые он считал наиболее важными и интересными для себя. На мой вопрос о том, почему он так легко шел на то, чтобы сами аспиранты выбирали себе темы диссертаций, он ответил: «Володя, в Туле у меня не было таких аспирантов. Это же технический ВУЗ! Вы – совсем другие.». Он также сказал мне, что отмеченную выше работу [36] он писал один и включил в авторы П.П. Рязанцева просто для того, чтобы у аспиранта было побольше публикаций. Это, конечно же, не означает, что в Туле у Л.М.Щербакова не было толковых и трудолюбивых сотрудников и аспирантов.

Выше я попытался искренне и объективно представить научное наследие Л.М. Щербакова. Надеюсь, мне удалось убедить читателя в том, что, несмотря на ряд проблемных моментов, моего учителя безусловно можно считать честным, талантливым, пытливым, грамотным и даже мужественным исследователем в выбранной им в молодые годы области науки. Почему-то у нашего декана Б.Б.Педько сложилось впечатление, что Л.М.Щербакова можно считать основателем школы по нелинейной неравновесной термодинамике. На самом деле это не так, хотя термодинамический метод являлся для него наиболее близким и любимым. Но объектами исследования были межфазные явления и микрогетерогенные системы, т.е. по современной терминологии, – наносистемы. Моя докторская диссертация [64] и связанные с ней публикации [65-66] были посвящены применению методов неравновесной термодинамики к исследованию растекания жидкости по поверхности твердого тела. Я могу гордиться тем, что мне и, независимо, талантливому механику Ю.З. Повстенко из Института прикладных проблем математики и механики АН Украины, пришла в голову мысль применить неравновесную термодинамику к линейным границам раздела, т.е. одномерным неавтономным фазам. И я сожалею, что, увлекшись другой тематикой, я отошел от этих исследований. Но именно нелинейную термодинамику ни Леонид Михайлович, ни я, ни кто-либо другой из его учеников не развивали. Отмеченное выше основное направление исследований моего учителя стало основным для меня и моих собственных учеников.

Педагогическая деятельность. В конце 40-х гг. молодой преподаватель теоретической физики сразу же расположил к себе студентов также молодого Кишинёвского государственного университета. Тогда молдаване были благодарны русским за освобождение от румынского диктата, а молодые люди гордились тем, что стали студентами первого нашего университета. Чтобы это понять, необходимо напомнить, что Молдавия являлась аграрным придатком Румынии. Отмечу два интересных совпадения. Во-первых, Кишиневский университет располагался (по крайней мере, до отделения Молдавии от России) на улице Садовой, а наш корпус – на Садовом переулке. Во-вторых, одной из студенток Леонида Михайловича была Ш.Л. Файерман, работавшая затем доцентом кафедры общей физики нашего университета. Она рассказала мне, что студенты оценили уровень Леонида Михайловича и толпой ходили за ним, задавая вопросы. Многие его бывшие студенты стали академиками и членами-корреспондентами Академии наук Молдовы.

К сожалению, затерялась тетрадь с конспектами лекций Леонида Михайловича по разделу «Термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика», которые он читал в Кишиневе. Я был поражен, когда листал эту тетрадь. Лишь несколькими годами ранее вышла в свет монография Н.Н. Боголюбова [67], в которой были заложены основы метода коррелятивных функций, и этот новый метод был изучен, по достоинству оценен и включен в лекционный курс молодым преподавателем, не имеющим ученой степени. При этом изложение курса было вполне доступным. Этот и последующие лекционные курсы Л.М.Щербакова по этому разделу теоретической физики характеризуются следующими особенностями:

1. Единое и, вместе с тем, дифференцированное изложение термодинамики, статистической физики и физической кинетики;
2. Изложение основ термодинамики сложных систем, позволяющих отчетливо осознать, что объектами термодинамики могут быть не только молекулярные системы, но и электронный, фотонный и фононный газы;
3. Использование метода ансамблей Гиббса как основы статистической физики. Теперь это представляется вполне естественным, но не надо забывать, что в сталинские времена готовился разгром не только генетики и кибернетики, но и физики. В книге одного из потенциальных лысенковцев от физики А.К. Тимирязева [68] методу Гиббса уделяется лишь половина страницы, причем в явно негативном и некомпетентном духе;
4. Изложение основ неравновесной термодинамики.

Далеко не случайно после прихода в наш университет Л.М.Щербаков стал членом УМО по физике, хотя обычно в УМО входят лишь деканы физических факультетов. Более того, кафедра общей физики была тогда головной среди кафедр университетов Центральной России. Леонид Михайлович был другом и соратником заведующего кафедрой общей физики МГУ А.Н.Матвеева по реформированию курсов общей и теоретической физики. Он высоко оценивал курс механики Алексея Николаевича [69] и рекомендовал его в качестве основного студентам первого курса.

Л.М. Щербаков входил в состав комиссии, которая в середине 80-х гг. разрабатывала новые программы по физике для студентов физических факультетов университетов [70]. Хотя программы по физике представлены в [70] с подписями всех членов авторского коллектива (см. рис. 2), Леонид Михайлович говорил мне, что разделы «Молекулярная физика» курса общей физики, а также «Термодинамика и статистическая физика» курса теоретической физики подготовлены лично им. Но в более поздних изданиях программ имя Л.М. Щербакова не упоминается, хотя содержание и основные принципы этих программ остались пока неизменными.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Индекс УМУ-20/258

Утверждено
Учебно-методическим управлением
по высшему образованию
27 декабря 1985 г.

ПРОГРАММА
дисциплины

«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

Специальности: 2016, 0704, 0604

ПРЕДИСЛОВИЕ

Программа дисциплины «Теоретическая физика» основана на оценке значения теоретической физики как комплекса фундаментальных дисциплин и преследует цель подготовки специалистов широкого профиля, умеющих грамотно решать многочисленные практически и теоретически важные задачи, в том числе возникающие на стыках различных научных направлений. В программе нет жесткого разделения материала на лекционный и выносимый на практические занятия, а также не регламентирована степень детализации изложения отдельных вопросов. Изменения, не нарушающие внутренней логики излагаемого предмета и не влекущие за собой формализации курса, могут быть приняты университетом с учетом сложившихся традиций, научных школ и производственных условий.

Программу составили:
Л. С. Кузьменков, доктор физико-математических наук (раздел «Теоретическая механика»);
В. И. Григорьев, профессор (раздел «Электродинамика»);
Ю. М. Лоскутов, профессор (раздел «Квантовая механика»);
И. П. Базаров, профессор;
И. А. Квасников, доцент (раздел «Термодинамика и статистическая физика») (Московский университет).

В разработке программы принимали участие:

А. А. Бандзайтис, профессор;
Л. А. Борисоглебский, профессор;
М. А. Ельяшевич, академик АН БССР; В. С. Кузнецов, профессор;
В. Д. Кукин, доцент;
Ф. М. Кину, профессор;
В. Н. Стариков, профессор;
А. М. Федорченко, профессор;
Г. М. Филиппов, доцент;
Л. М. Щербаков, профессор.

Ответственный редактор
Ю. М. Лоскутов, профессор.

Р и с . 2. Фрагменты программы по теоретической физике

По своему содержанию лекционный курс Л.М. Щербакова по термодинамике и статистической физике наиболее близок к курсу Т. Хилла [71] и, в несколько меньшей степени, к курсу Ю.Б. Рывкина [72]. Особенностью этих курсов является сочетание фундаментальности с рассмотрением раздела конкретных систем, с которыми в дальнейшем могут иметь дело студенты физики. Имеется ряд очень интересных и оригинальных курсов термодинамики и статистической физики. Например, в курсе Ю.Л. Климонтовича [73] представлено единое изложение равновесной и неравновесной статистической термодинамики. Но я считаю, что для первого знакомства с предметом и для справочных целей такие учебники не подходят.

Естественно, что, заведя кафедрой общей физики, Леонид Михайлович Щербаков многое делал для конкретной модернизации практикума по общей физике. Для того времени обновленный практикум был вполне современным, хотя готовых комплектов тогда не выпускалось.

Заключение. Надеюсь, мне удалось убедить читателя в том, что в лице Л.М.Щербакова мы имеем возможность каждодневно общаться с ярким (в области своих интересов) исследователем и еще более, на мой взгляд, талантливым педагогом. Действительно, у Леонида Михайловича не было той широты научных интересов и виртуозного владения математическим аппаратом, которые были характерны, например, для Л.Д. Ландау и его школы. Кстати, Л.М. Щербаков ставил

Я.И. Френкеля выше Л.Д. Ландау, но я считаю это мнение явно субъективным. Отмеченное мною сознательное ограничение интересов и отсутствие опыта экспериментатора несомненно наложили определенный отпечаток не только на его собственное научное творчество, но и на научную деятельность его учеников, включая меня самого. Леонид Михайловича слегка иронично относился к проявлениям интереса к фундаментальным проблемам физики, включая теорию тяготения и космологию. «Все это по ту сторону добра и зла.» – говорил он, имея в виду, что здесь трудно что-то проверить и использовать на практике. Было еще два довода:

1. «Нужно трезво расценивать свои возможности и браться не просто за то, что тебе интересно, а за то, где ты можешь что-то серьезное сделать». Насколько я понимаю, этого «принципа Щербакова» придерживался В.М. Рудяк, который любил теорию относительности, выполнил связанную с ней дипломную работу, но не занимался ею в дальнейшем как исследователь;
2. «Фундаментальными проблемами могут позволить себе заниматься крупные ученые, которые уже проявили себя ранее в чем-то более конкретном». В качестве примера Леонид Михайлович приводил Я.Б. Зельдовича, который получил свои награды и звания не за работы по космологии, а за труды по химической физике, тесно связанные с практикой.

Сознательно ограничивая себя в научном творчестве, Леонид Михайлович с молодых лет был новатором в области преподавания физики, проявляя интерес ко всем отечественным и переводным изданиям. Он обладал очень хорошим «нюхом» на все новое и передовое, отбрасывая, при этом, явно антинаучное. Сейчас это достаточно легко, а в сталинские времена, как я уже отмечал, разгром физики и торжество лысенковцев вполне могли стать суровой реальностью. В качестве примеров такой ситуации можно отметить изложение в лекционных курсах еще конца 40-х гг. статистической теории жидкостей. Еще одним примером служит интерес Леонида Михайловича к неравновесной термодинамике, проявившийся сразу же после издания на русском языке фундаментальных монографий И.Р. Пригожина, С. де Грота и Р.Хаазе. Естественно, примером является и активная поддержка начинаний А.Н.Матвеева. Мне, однако, не хотелось бы, чтобы у читателя сложилось впечатление, что Л.М.Щербаков был склонен к подготовке сложных и заумных курсов. Это не так: в том-то и проявляется талант педагога, что новые идеи и тенденции в преподавании физики он воплощал на вполне доступном, по крайней мере, пытливых студентов, уровне.

В целом долгая творческая жизнь Л.М. Щербакова сложилась вполне удачно, несмотря на ряд суровых жизненных испытаний. В трудные минуты коллеги приходили ему на помощь. Особо следует

отметить поддержку со стороны нашего ректора А.Н. Кудинова. Благодаря его содействию Леонид Михайлович мог успешно работать на нашем факультете до тех пор, пока он сам не захотел по состоянию здоровья прекратить преподавательскую деятельность.

Список литературы

1. Щербаков Л.М. Условия равновесия монодисперсной однокомпонентной системы // Ученые записки Кишиневского государственного университета. Кишинев: Изд-во КГУ, 1949. С.11-21.
2. Щербаков Л.М. О связи молекулярного и фазового давления со степенью дисперсности // Ученые записки Кишиневского государственного университета. Кишинев: Изд-во КГУ, 1949. С.23-25.
3. Щербаков Л.М. Физика поверхностей. Калинин, 1977. 80 с.
4. Щербаков Л.М., Самсонов В.М. Термодинамика поверхностных явлений. Калинин, 1986.
5. Щербаков Л.М. Об одной традиционной ошибке в теории капиллярности // Коллоидный журнал, 1958. Т.20. №4. С.502-506.
6. Laplace P.S. Oevros complètes. Paris, 1880. Т.4.
7. Van-der-Waals // Z.phys.Chem. 1894. Bd.13. S.657.
8. Левич В.Г. Курс теоретической физики. Т.1. М.: Наука, 1969. С.529-534.
9. Фишер И.З. Статистическая теория жидкостей. М.: Государственное издательство физико-математической литературы. 1961. С.60.
10. Карцев В.Н., Штыков С.Н., Штыкова Л.С. Прецизионная дилатометрия микроэмульсий с анионными ПАВ // Коллоидный журнал, 2005. Т.67. №4. С.479-484.
11. Адамсон А. Физическая химия поверхности. М.: Мир, 1979. С.9-13.
12. Samsonov V.M., Bazulev A.N., Sdobnyakov N.Yu. A Thermodynamic Approach to Mechanical Stability of Nanosized Particles // Central European Journal of Physics. 2003. V. 1, №2. P.344-354.
13. Samsonov V.M., Sdobnyakov N.Yu., Bazulev A.N. On thermodynamic stability conditions for nanosized particles // Surface Science. 2003.V.532-535. P. 526-530.
14. Самсонов В.М., Сдобняков Н.Ю. Об условиях термодинамической стабильности наночастиц // Поверхность. Рентгеновские, синхронные и нейтронные исследования. 2004 №2. С. 73-78.
15. Щербаков Л.М. Введение в кинетику фазовых превращений. Калинин, 1981. С.22-25.
16. Щербаков Л.М. Общая теория капиллярных эффектов II рода. // Исследование в области поверхностных сил. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С.28-37.

17. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муплер В.М. Поверхностные силы. М.: наука, 1985. 310 с.
18. Щербаков Л.М. Оценка избыточной свободной энергии малых объектов // Исследование в области поверхностных сил. М.: Наука, 1964. С.17-25.
19. Крокстон К. Физика жидкого состояния. М.: Мир, 1978. 400 с.
20. Фейерман Р. Статистическая механика. М.: Мир, 1978. С.79-86.
21. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Часть 1. М.: Наука, 1995. С.117-120.
22. Роулинсон Дж., Уидом Б. Молекулярная теория капиллярности. М.: Мир, 1986. С.115.
23. Samsonov V.M., Shcherbakov L.M., Novoselov A.R., Lebedev A.V. Investigation of the Microdrop Surface Tension and the Linear Tension of the Wetting Perimeter on the Basis of Similarity Concepts and the Thermodynamic Perturbation Theory // Colloids and Surfaces, 1999. V. 160. Issue 2. P. 117-121.
24. Самсонов В.М., Базулев А.Н., Щербаков Л.М. О размерной зависимости поверхностного натяжения микрочастиц металлических расплавов // Расплавы. 2002. № 2. С. 62-69.
25. Базулев А.Н., Самсонов В.М., Сдобняков Н.Ю. Применение термодинамической теории возмущений к расчету поверхностного и межфазного натяжений нанометровых микрокапель // ЖФХ. 2002. Т. 76. №11. С. 2073-2077.
26. Самсонов В.М., Базулев А.Н., Сдобняков Н.Ю. О линейной формуле Русанова для поверхностного натяжения малых объектов // Доклады Академии Наук. 2003. Т. 389, №2. С. 211-213.
27. Samsonov V.M., Sdobnyakov N.Yu., Bazulev A.N. Surface Tension in Small Droplets and Nanocrystals // Russian Journal of Physical Chemistry, 2003. V. 77, Suppl. 1. P. S158-S162.
28. Сдобняков Н.Ю., Самсонов В.М. Исследование размерной зависимости поверхностного натяжения твердых наночастиц на основе термодинамической теории возмущений // Известия ВУЗов: Химия и химическая технология. 2003. Т.46, Вып. 5. С. 90-94.
29. Самсонов В.М. Условия применимости термодинамического описания высокодисперсных и микрогетерогенных систем // ЖФХ. 2002. т. 76. № 11. С. 2063-2067.
30. Samsonov V.M., Bazulev A.N., Sdobnyakov N. Yu. On applicability of Gibbs thermodynamics to nanoparticles // Central European Journal of Physics. 2003. V. 1. №3. P. 474-484.
31. Щербаков Л.М., Самсонов В.М., Базулев А.Н., Применение термодинамической теории возмущений к расчету избыточной свободной энергии малых систем. 1. Исследование размерной зависимости удельной свободной энергии малых капель // Коллоидный журнал, 2004, Т. 66, №6, С. 1-6.

32. Самсонов В.М., Хашин В.А., Дронников В.В. Молекулярно-динамическое исследование структурных и термодинамических характеристик нанокпель простого флюида // Коллоид. журн. 2008. Т. 70. №6. С. 816-823
33. Самсонов В.М. Применение термодинамической теории возмущений к расчету поверхностного натяжения нормальных жидкостей // Вопросы физики формообразования и фазовых превращений. Калинин. 1983.С. 84-97.
34. Матвеев В.А., Щербаков Л.М. К термодинамике малых пузырьков // Исследования в области поверхностных сил. М.: Наука, 1967. С.165-173.
35. Дерягин Б.В., Щербаков Л.М. О влиянии поверхностных сил на фазовые равновесия полимолекулярных слоев и краевой угол смачивания // Коллоидный журнал, 1961. Т.23. №1. С.10-52.
36. Щербаков Л.М., Рязанцев П.П. О влиянии энергии периметра смачивания на краевые условия // Исследования в области поверхностных сил. М.: Наука, 1964. С.26-28.
37. Русанов А.И. К теории смачивания упругодеформируемых тел // Коллоидный журнал. 1975. Т.37. №4. С.678-686, 688-693, 695-703, 704-710; 1977. Т.39. №4. С.704-709, 711-717.
38. Шелудко А. Коллоидная химия. М.: Мир, 1984. С.250-283.
39. Веселовский В.С., Перцов В.Н. // ЖФХ, 1936. Т.8. С.245.
40. Бабак В.Г. Линейное натяжение в термодинамике тонких жидких пленок // Успехи химии. М.: Наука, 1992. Т.61. Вып.10. С.1777-1804.
41. Татьянаенко Д.В., Щекин А.К. Малые капли при нуклеации не частично смачиваемой подложке: линейное натяжение и адсорбция // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. Вып. 1. - Тверь: Тверской государственный университет, 2009. С. 116-129.
42. Щербаков Л.М. О теоретической интерпретации расклинивающего давления тонких слоев жидкости // Исследования в области поверхностных сил. М.: Наука, 1964. С.11-16.
43. Щербаков Л.М., Рожков В.П., Королев О.И. К моделированию задач затвердевания слитка на электропроводной бумаге // Физика и химия обработки материалов. 1971. №1. С.19-24.
44. Щербаков Л.М. Физико-химические основы теории формообразования поверхностей при размерной электрохимической обработке // Физика и химия обработки материалов. 1968. №5. С.36-39.
45. Королев О.И., Седыкин Ф.В., Щербаков Л.М. Об инженерном методе решения задач теории формообразования при электрохимической обработке // Физика и химия обработки материалов. 1969. №2. С.39-43.

46. Петрянов И.В., Розенблюм Н.П. // ДАН СССР, 1948. Т.61. №4. С.661-664.
47. Петрянов-Соколов И.В., Сутугин А.Г. Аэрозоли. М.: Наука, 1980. 144 с.
48. Петрянов И.В., Козлов В.И., Басманов П.И., Огородников Б.И. Волокнистые фильтрующие материалы ФП. М.: Знание, 1968. 78с.
49. Щербаков Л.М., Горохов В.М., Новоселов А.Р., Сухарев Ф.Н. Микрогетерогенные системы: статистическая термодинамика и модельные эксперименты. Препринт Института теоретической физики Академии наук Украинской ССР. Киев, 1986. 56с.
50. Wagner P.D. Spreading of liquid droplets on cylindrical surfaces: Accurate determination of contact angle // Journ. Appl. Phys. 1990. V.67. №3. P.1352-1355.
51. Kummar A., Hartland S. Measurement of contact angles from shape of a drop on a vertical fiber // Journ. Colloid Interface Sci., 1990. V.136. №2. P.445-469.
52. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химии, 1982. 296с.
53. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. М.: Наука, 1975. С.
54. Антоненко Т.И. Применение метода коррелятивных функций к расчету поверхностных характеристик неассоциированных жидкостей. Диссертация кандидата физико-математических наук. Кишинев, 1966. 119с.
55. Битлер А.Л., Рудяк В.М., Щербаков Л.М. Применение линейной неравновесной термодинамики к описанию процесса переполяризации сегнетоэлектриков // Известия академии наук СССР. Серия физическая. 1984. Т.48. №6. С.1158-1161.
56. Поповский Ю.М., Алтоиз Б.А. Структурная упорядоченность в пристенных слоях немезогенных жидкостей // Поверхностные силы и граничные слои жидкостей. М.: Наука, 1983. С.131-138.
57. Алтоиз Б.А., Поповский Ю.М. Физика приповерхностных слоев жидкости. Одесса: Изд-во Одесского государственного университета, 1995. 153с.
58. Дерягин Б.В., Алтоиз Б.А., Поповский Ю.М. Ориентированно упорядоченные пристенные слои предельных углеводородов и их производных на поверхности кварца // Докл. АН СССР. 1991. Т.317. №1. С.130-134.
59. де Жен П. Физика жидких кристаллов. М.: Мир., 1977. 400 с.
60. Чандрасекар С. Жидкие кристаллы. М.: Мир, 1980. 344 с.
61. Щербаков Л.М., Горохов В.М. О структурной составляющей расклинивающего давления смачивающих пленок нематического жидкого кристалла // Коллоидный журнал. 1987. Т.49. №5. С.955-961.

62. Ивлев А.Ю., Горохов В.М. Щербаков Л.М. К вопросу о механизме аномального поведения поверхностного натяжения нематических жидких кристаллов // Кристаллография. 1991. Т.36. Вып.4. С.977-981.
63. Емельяненко А.М. Разработка новых физических и математических методов исследования в зоне трехфазного контакта. Диссертация доктора физико-математических наук. М., 2004. 237 с.
64. Самсонов В.М. Методы неравновесной термодинамики в кинетике изотермического растекания жидкости по поверхности твердого типа. Диссертация доктора физико-математических наук. Тверь, 1992.
65. Самсонов В.М., Щербаков Л.М. Неравновесная термодинамика периметра смачивания. Термодинамические характеристики периметра смачивания. Уравнения баланса // Коллоидный журнал. 1985. Т. 47. № 4. С. 729-736.
66. Самсонов В.М., Щербаков Л.М. Применение неравновесной термодинамики к кинетике растекания и течения жидкости в капилляре // Коллоидный журнал, 1985. Т. 47. №5. С. 907-914
67. Боголюбов Н.Н. Проблемы динамической теории в статистической физике. М.-Л.: ОГИЗ технико-теоретической литературы, 1946. 119 с.
68. Тимирязев А.К. Кинетическая теория материи. М.-Л.: Государственное технико-теоретическое издательство, 1933. 280 с.
69. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М.: Высшая школа, 1986. 320с.
70. Программы дисциплин по специальностям: 2016-Физика, 2015-Астрономия, 0704-Радиофизика и электроника, 0604-Полупроводники и диэлектрики, 1302-Астрономогеодезия. Для государственных университетов. М.: Изд-во Московского университета. 1987. 80 с.
71. Хилл Т. Статистическая механика. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960, 486 с.
72. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинематика. М.: Наука, 1977. 552 с.
73. Климонтович Ю.Л. Статистическая физика. М.: Наука, 1982. 608 с.

Об авторе:

САМСОНОВ Владимир Михайлович – доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики ТвГУ